

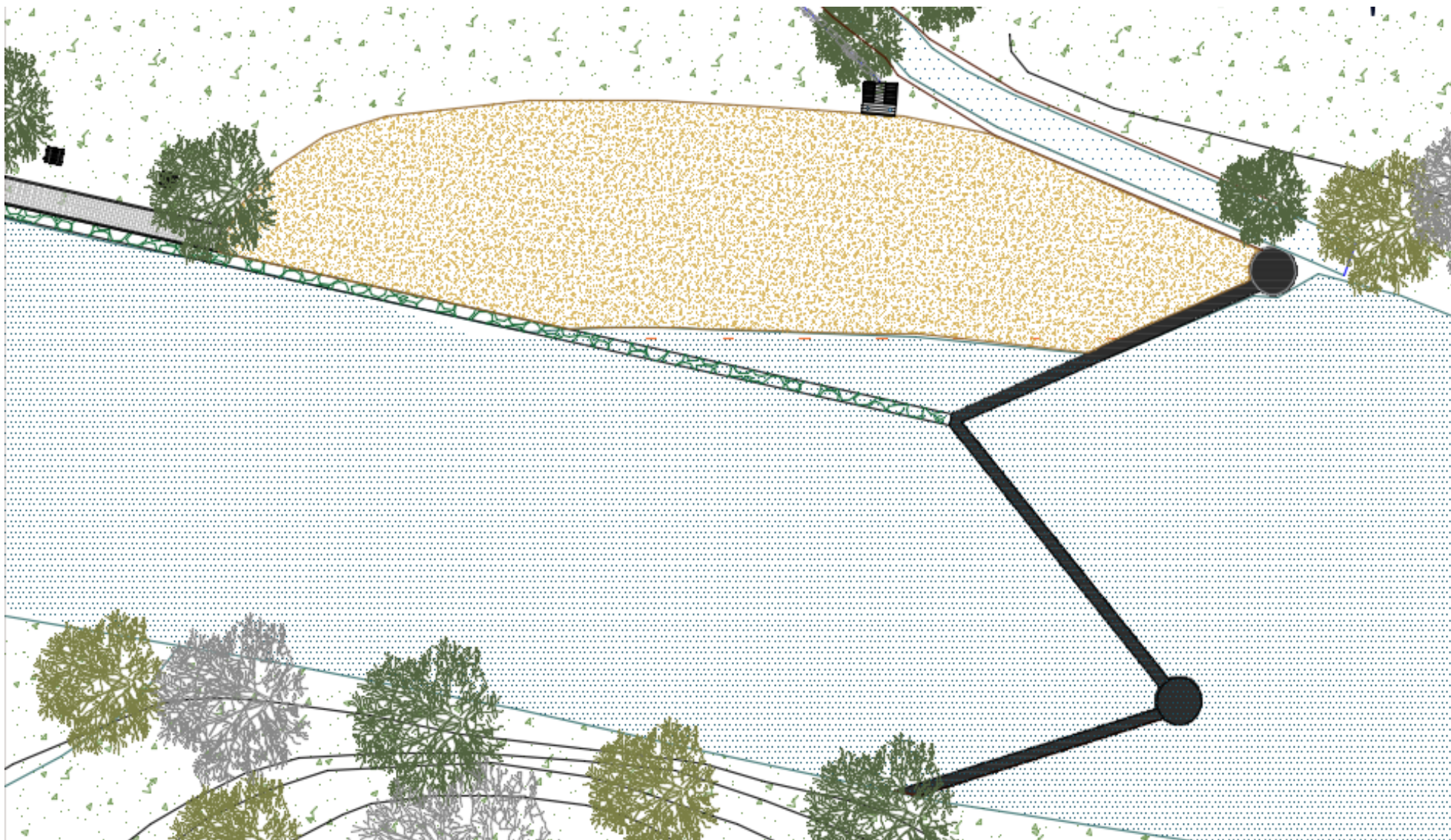


UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo

“Design of river beach in the Miño River in Lugo”



TIPO:

ANTEPROYECTO FIN DE GRADO

TITULACIÓN:

Tecnología de la Ingeniería Civil

AUTOR:

Diego Valín Santaefemia

TUTOR:

Gonzalo Mosqueira Martínez

FECHA:

OCTUBRE 2015

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (con IVA):

293238.61 €



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DOCUMENTO Nº 1

A: MEMORIA DESCRIPTIVA B: MEMORIA JUSTIFICATIVA

- 01.- Antecedentes y Situación Actual
- 02.- Legislación y Normativa
- 03.- Estudio de Geotécnia
- 04.- Estudio Hidrológico
- 05.- Estudio Hidráulico
- 06.- Estudio de Alternativas
- 07.- Servicios Afectados
- 08.- Accesos y Aparcamiento

DOCUMENTO Nº 2

- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
 - Plano 1: Situación y Emplazamiento
- 2. DEFINICIÓN GENERAL DE LA OBRA
 - Plano 2: Planta definición general de la obra
 - Plano 2.1: Planta Detalle 1
 - Plano 2.2: Planta Detalle 2
 - Plano 3: Planta situación perfiles
 - Plano 4: Perfil 1, Perfil 2
 - Plano 5: Perfil 3, Perfil 4
 - Plano 6: Perfil 5, Perfil 6
 - Plano 7: Perfil 7, Perfil 8
- 3. SECCIONES DEL MURO
 - Sección longitudinal del Muro, con planta
 - Sección transversal del Muro

DOCUMENTO Nº 3

- 1. MEDICIONES
- 2. PRESUPUESTO
- 3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO



DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA



A. MEMORIA DESCRIPTIVA



ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES	4
1.0- Introducción	4
1.1- Estudio de Demanda	4
1.2- Objeto del anteproyecto	4
2.- SITUACIÓN ACTUAL	4
2.1- Río Miño	4
2.2- Tramo de estudio	4
2.3- Infraestructuras existentes	5
3.- TRABAJOS PREVIOS	5
3.1-Cartografía y Topografía	5
3.2-Geotécnia	5
3.3-Hidrología e Hidráulica	5
4.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	6
4.1-Metodología y criterios	7
4.2-Valoración	7
5.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA	8
6.- LEGISLACIÓN Y NORMATIVA	9
7.- SERVICIOS AFECTADOS	9
8.-RESUMEN DEL PRESUPUESTO	9



1.- ANTECEDENTES

1.0- Introducción

La redacción de este anteproyecto pretende completar los requisitos de la asignatura Proyecto de Fin de Grado (PFG) del 4º y último año del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil (Grado TECIC) que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña.

Dado el carácter académico de este anteproyecto hay que destacar que está sometido a limitaciones y simplificaciones. No obstante se ha procurado en todo momento mantener los aspectos técnicos fundamentales y característicos de un documento de este tipo.

El presente anteproyecto lleva por título “Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo “. Y consta de 3 documentos: Memoria, Planos y Presupuesto.

1.1-Estudio del problema

El objetivo de este estudio es calcular el área de baño por habitante que permite una determinada ciudad, de esta forma podremos cuantificar de alguna manera la existencia del problema a la hora de compararlo con los resultados de otras ciudades similares.

	Área de baño	Habitantes	Relación
Ourense	22207	106905	0.19643m ² /hab
Santiago	5400	95800	0.05636 m ² /hab
Lugo	3187	98560	0.0323 m ² /hab

Por lo tanto de esta forma demostramos que Lugo es la ciudad gallega con menos área de baño pública disponible para sus habitantes. Este estudio es una de las distintas formas de justificar la problemática detectada.

Los datos de área de baño de una determinada ciudad se han obtenido de un archivo del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

1.2-Objeto del anteproyecto

Una vez demostrada la necesidad a satisfacer, es fácil definir los distintos objetivos del anteproyecto. Partiendo de las limitaciones impuestas en el estudio de demanda, la ubicación de la playa queda delimitada a la ciudad de Lugo.

Ante esta problemática, el objetivo es claro y se define de la siguiente forma:

- Acondicionar parte del margen con intención de conseguir la mayor área de baño posible.
- En una zona cercana al centro de la ciudad.
- Integración de la infraestructura en el medio.
- Economía de la actuación, debido a su principal fin lúdico.
- Acercamiento de la población al entorno fluvial.
- Reducir al máximo el transporte del banco de sedimentos.
- Crear un banco de sedimentos con la máxima playa seca posible.

2.- SITUACIÓN ACTUAL

2.1-Río Miño

El río está encuadrado por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil en el sistema de explotación del río Miño-Alto.

El río ha sido en el pasado una gran fuente de recursos, aprovechando su caudal para riego y la energía del agua para mover molinos. Por este motivo, es frecuente encontrarse a lo largo del cauce, numerosas obras artesanales de derivación. Un ejemplo de ello es el azud transversal que se localiza en nuestra zona.

En el cual nos apoyaremos para formar el banco de sedimentos, con la ayuda de otro muro longitudinal de posterior actuación.

2.2- Tramo de Estudio

El área de actuación de la playa fluvial pertenece a la ciudad de Lugo, se localiza en A Tolda a 2,5 km del centro de Lugo, del cual es posible acceder directamente, atravesando la Av. De Madrid.

En la actualidad, esta zona, cuenta con terreno habilitado para el uso como área de recreo. En cambio no dispone de un acondicionamiento en el margen del río para el uso como zona de baño. De forma que muchos habitantes de Lugo se acercan en su tiempo de ocio, pero no pueden disfrutar del baño en ella.



2.3-Infraestructuras existentes

- Azud natural histórico: Muro transversal a la dirección del flujo del río, en el cual nos apoyamos para crear el banco de sedimentos, es decir la playa.
- Paseos fluviales: Tanto el paseo del Río Miño como el del Río Rato cuentan con un buen estado, por lo tanto no será necesario modificarlos ni acondicionarlos.

3. TRABAJOS PREVIOS

3.1- Cartografía y topografía

La cartografía base utilizada proviene de diferentes fuentes, dependiendo de la función para la que haya sido utilizada o el momento, se ha preferido usar unas frente a otras. Las principales fuentes de donde se ha obtenido la información pertinente son:

- Bases de datos del IGN (Instituto Geográfico Nacional)
- Departamento de Topografía de la ETSECCP
- Ayuntamiento de Lugo

Cada aportación se ha usado en el ámbito donde se apreciaba más fiable, en algunos casos contrastándolas entre ellas. Del IGN también se han obtenido dos ortofotos de máxima actualidad, con intención de mostrar mejor las diferentes alternativas del proyecto.

En cuanto a la topografía del cauce del río, se ha utilizado un Modelo Digital Terrestre del Río Miño. A partir de dicho modelo se han generado las curvas de nivel inferiores a la lámina de y se han interpolado cada 20 centímetros con el programa Global Mapper. Puesto que se requieren una representación del cauce lo más precisa posible, para que a la hora de simular el río los datos obtenidos sean también los más realistas posibles.

Dado el carácter de anteproyecto de este documento se considera que la precisión de la topografía proporcionada por los mapas anteriormente descritos apoyada en medidas de campo es suficiente.

Además, se han empleado otros mapas auxiliares de distinta naturaleza para localizar la zona e incluso información cartográfica de la página web del catastro para determinados análisis. Así como distintos visores que ayudan a ver las zonas de inundación para diferentes períodos de retorno, o las zonas de afección. Como pueden ser los visores SIAMS o SAIH.

3.2- Geotécnia

El presente estudio tiene por objeto determinar las características geotécnicas de los materiales que constituyen el entorno más próximo al río Miño a su paso por Lugo.

Este anejo pretende conseguir los siguientes objetivos:

Caracterizar geotécnicamente el terreno de emplazamiento de la zona de obras, obtener con ello la capacidad portante del terreno y la profundidad del sustrato rocoso, determinar las características geotécnicas de los diferentes niveles; identificación, propiedades de estado y parámetros resistentes. Así como la determinación de la existencia y localización del Nivel Freático y las diferentes condiciones de niveles que constituyen el subsuelo del margen izquierdo, donde se prevé la construcción del muro.

3.3- Hidrología e Hidráulica

En el apartado 2.1 Situación Actual ya se ha descrito el río Miño. Además de la información expuesta anteriormente, se necesitan más datos para realizar un correcto estudio hidrológico y el posterior estudio hidráulico.

Los cálculos se detallan en los documentos 04.- Estudio Hidrológico y 05.- Estudio Hidráulico de la Memoria Justificativa. A continuación se resumen los resultados:

• ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo de este estudio es definir los distintos caudales que atraviesan el cauce de nuestra cuenca a lo largo del año, así como los distintos períodos de retorno. Estos datos son necesarios para ejecutar un modelo que nos permita analizar la situación actual y el comportamiento frente a las diferentes actuaciones que se realicen.

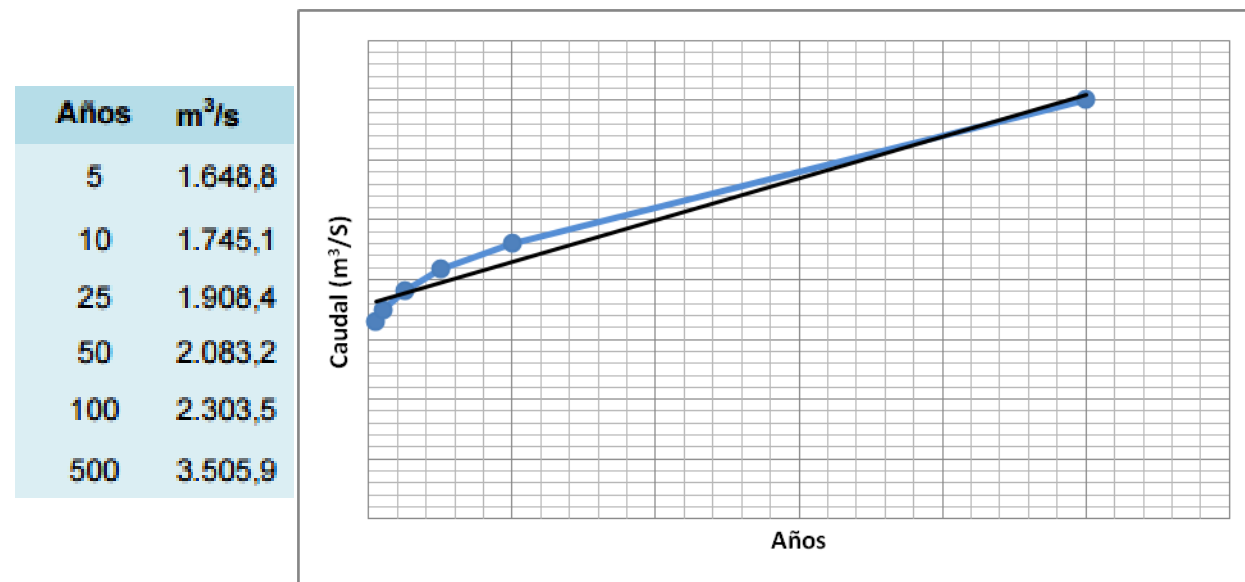
Para la realización del presente estudio se ha recogido información del SAIH (Sistema automático de información hidrológica) que nos ofrece la Confederación Hidrográfica Miño-Sil.

A la hora de definir todos los caudales y los valores característicos contamos con la ayuda de una estación de aforos situada cuatro kilómetros aguas arriba del tramo de estudio.

Los resultados obtenidos para un año, que más tarde se utilizaran a la hora de realizar un extenso estudio hidráulico, son:

Valores hidrológicos característicos			
Caudal Medio Diario (m ³ /s)	25,2	Caudal máximo medio diario (m ³ /s)	301,0
Aportación anual (hm ³)	796,6	Caudal máximo instatáneo (m ³ /s)	327,8
Caudal máximo histórico	706,0 (07/12/2009)	Caudal mínimo medio diario (m ³ /s)	2,80
			Periodo de retorno 1 Año

En cuanto a los valores para los distintos períodos de retorno obtenemos:



• ESTUDIO HIDRÁULICO

Para analizar el comportamiento hidráulico del río Miño, se ha realizado un modelo del mismo con el programa informático HEC-RAS, versión 4.1.

La eficacia y los efectos de las obras proyectadas se obtendrán por medio del análisis de los resultados obtenidos del programa, de lo que se desprende la importancia de dicho modelo.

Se han realizado diferentes modelos hidráulicos para analizar las diversas situaciones que sufre el río a lo largo de la obra: el estado original, la representación del azud existente que no localiza la cartografía, el muro longitudinal que finaliza empotrado al azud y encierra un sector de cauce contra el margen izquierdo y por último se simula con la nueva geometría que adquiere el cauce en el margen izquierdo luego de la aportación de árido que crea el banco de sedimentos.

Las diferentes situaciones que se han modelizado son las siguientes:

- Modelo 1: Estado original o situación actual
- Modelo 2: Muro Transversal (representación de azud)
- Modelo 3: Muro Transversal + Muro Longitudinal
- Modelo 4: Nueva geometría del margen izquierdo, 5% de pdt.

Para cada uno de estos casos es necesario introducir diferentes datos para su correcta modelización. Estos datos son:

- Datos Geométricos (Secciones)
- Delimitación del Cauce
- Coeficiente de Manning
- Condiciones de Contorno
- Caudales de Cálculo (04.- Estudio Hidrológico)
- Elementos Singulares (Obras lineales y laterales)

En el (05-Estudio Hidráulico) de la memoria justificativa se comentan los resultado obtenidos en los diferentes modelos y las variantes de cada uno. A modo de resumen se adjunta la tabla del movimiento de sedimentos correspondientes a las secciones de la playa que nos exporta el programa HEC-RAS.

River Station	Invert Change (m)	Mass Out: All (tons)	Mass In: All (tons)
440	0.2199879	4.69E-06	5.56E-02
420	4.24E-04	0	4.69E-06
400	0	0	0
380	0	0	0
360	0	0	0
340	0	0	0
320	0	0	0
300	0	0	0
280	0	0	0
240	0	0	0

Los resultados obtenidos no pueden ser mejores, reflejando como a lo largo de una simulación anual no es necesaria la regeneración de la playa. Por lo tanto podemos afirmar que la solución constructiva funciona correctamente y los objetivos descritos previamente se cumplen.

En tal caso si serían necesarias labores de limpieza o barrido para evitar posibles alteraciones de la nueva geometría impuesta.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El estudio de alternativas se plantea desde el punto de vista de buscar la mejor solución para satisfacer las necesidades. Como la problemática detectada engloba a la ciudad de Lugo, la solución también se plantea en torno a sus habitantes. Por lo tanto lo primordial es crear la máxima área de baño pública.

Estudiándolo desde este punto de vista, la mejor opción de plantear las alternativas es respecto a la ubicación de estas.

De esta forma proponemos tres tramos del río Miño, ubicados a menos de 10 km de radio desde el centro del Lugo.

Asimismo todas las ubicaciones escogidas como alternativas tienen características comunes que propician dicha actuación:

- Se encuentran en un tramo con una orografía y una geometría que beneficia el acondicionamiento de la playa:
 1. La pendiente longitudinal del cauce es muy leve, en alguno punto inexistente.
 2. Disponen de un “caneiro” (un azud natural formado por cantos de piedras), que crea un remanso de agua en la zona destinada al baño.
 3. Favorecen la actuación en el margen izquierdo, el cuál es óptimo para la orientación solar de la playa.

En el anejo 06-Estudio de Alternativas de la memoria justificativa se realiza una descripción con detalle de cada una de las alternativas, en la cual se muestran sus diferentes condiciones, como puede ser:

- Ubicación
- Características geométricas
- Viabilidad técnica de la obras a ejecutar

Es importante comentar que aunque se plantea una solución constructiva parecida en los tres tramos, al depender de la orografía propia de cada uno, las obras a ejecutar no tienen por que ser las mismas.

Metodología y criterios de valoración

Una vez descritas las distintas alternativas y sus características, necesitamos un método para poder compararlas, contabilizando todos los aspectos que las incumben de una forma racional en función del objeto del proyecto.

De esta forma, evaluaremos cada alternativa mediante cuatro criterios:

- Técnico.
- Económico.
- Social.
- Ambiental y visual.

Asimismo, cada criterio será desglosado en diferentes aspectos o parámetros, para que dentro de ellos queden contabilizadas todas las características de las tres alternativas.

La valoración final será la suma ponderada de cada uno de los criterios anteriores. Es decir, como no todos los criterios desarrollados contienen la misma importancia, cada uno requiere un peso. Para evaluar de una forma sencilla los criterios entre sí, los compararemos uno a uno mediante una tabla. Esta tabla nos facilitará el peso que cada tendrá criterio.

Criterio	Económico	Técnico	Social	Ambiental	TOTAL	Ponderación
Económico		1	0	1	3	0.300
Técnico	0		0	0	1	0.100
Social	1	1		1	4	0.400
Ambiental	1	0	0		2	0.200

De esta forma el criterio más importante es el social dado que el objeto del proyecto es solucionar la ausencia de zonas de baño que sufre la población.

En cuanto al criterio ambiental, como comentamos con anterioridad posee una gran importancia, pero partiendo del hecho de que en todas las alternativas modificaremos el área actual, este criterio no será el más significativo a la hora de evaluar los diferentes tramos. Por lo tanto le damos mayor peso al criterio económico frente al ambiental.

De la misma forma y debido a que todas las alternativas están planteadas para cubrir las necesidades técnicas, este criterio será el menos importante.

Valoración

Una vez se han comentado los detalles y características de cada alternativa y la respectiva metodología de valoración, podemos acceder a valorar cada una de ellas para obtener un resultado final de cuál es la mejor solución al problema inicial.

Por lo tanto evaluaremos todas las alternativas criterio a criterio, de forma que sean más intuitivas las diferencias que se produzcan entre ellas. A continuación se unificarán todos los resultados en una matriz homogeneizada.

Alternativas	Criterio				TOTAL
	Económico	Técnico	Social	Ambiental	
A1	7.360	5.757	37.539	9.970	60.626
A2	22.988	10.000	40.000	20.000	92.988
A3	30.000	8.536	33.047	12.746	84.329

De esta forma obtenemos el resultado final de nuestro estudio de alternativas, y concluimos con la alternativa número 2 como la vencedora. De hecho esta alternativa se decanta ganadora en tres de los cuatro criterios a valorar. Aunque no vence en el criterio económico, tampoco se queda lejos, por lo tanto se propone como solución final.



5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

Una vez realizado el estudio de alternativas y conocer la ubicación final de la actuación, podemos describir con algo más de detalle cuales serán las obras a ejecutar para dicha actuación.

Como comentamos previamente para llevar a cabo la playa proyectada serán necesarias una serie de obras, que puedan proteger y acondicionar el tramo para su futuro uso. En todo caso, la mejor época para realizar las obras sería el verano que es cuando el río lleva menos caudal.

Los distintos trabajos a realizar para que la playa sea viable en el tramo de estudio son:

- **Limpieza y desbroce:**

A simple vista se comprueba que el área de recreo está acondicionada por lo que las operaciones de desbroce y limpieza serán mínimas.

- **Muro de abrigo**

Como se ha comentado con anterioridad, se dispone un muro de contención con la idea de crear una balsa de arena dentro del río. El muro comienza pegado al margen izquierdo, prolongándose hasta que finaliza contra el azud. A partir de la sección donde el muro se separa del margen también comienza a descender su cota a medida que avanza hasta que permanece constante hasta el azud por debajo de la lámina de agua. Dejando un calado mínimo de 1 metro en el punto donde se encuentran el muro con el azud.

Por lo tanto se plantea un muro de sección variable, en el cuál la altura de este varía de 3 a 5 metros, el ancho se mantiene constante de 1.5 metros. La longitud del muro proyectado es de 180 metros, interpolando la altura de las secciones estudiadas podemos estimar un volumen de muro en torno a 1.100 metros cúbicos.

- **Malla geotextil**

Una vez fijada la pendiente de entrada al agua, se colocará sobre el terreno natural una malla geotextil anticontaminante.

- **Aportación de árido**

Para la terminación de la playa fluvial se llevará a cabo la extensión de una capa de grava de río 0.5 mm de diámetro. Se establece un espesor de 60 cm por toda la superficie de la playa, por lo tanto el volumen de árido a colocar es de 2100 metros cúbicos.

Una vez descontado el terreno desmonte que reutilizamos nos queda un volumen de 2921 metros cúbicos de aportación externa, como indicamos a continuación de calcular el movimiento de tierras.

Por lo tanto, de estos 2921 metros cúbicos 2100 serán árido y grava, y el resto terreno consolidado con el que se rematará la capa de pendiente.

6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

En el documento 02.- Legislación y Normativa de la Memoria Justificativa se realiza un resumen de la legislación y normativa utilizada para la redacción del presente anteproyecto.

7. EXPROPIACIONES Y SERVICIOS AFECTADOS

La totalidad de las actuaciones se desarrollan dentro de los límites del Dominio Público Hidráulico, concretamente en la zona de policía que se extiende 100 metros a cada lado desde el centro del cauce.

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	SUBCAPÍTULO	EUROS
01	Limpieza y desbroce	3,582.30
02	Movimientos de tierra.....	20,264.52
03	Playa fluvial	135,034.00
04	Toma de agua	393.15
05	Mobiliario urbano	39,381.60
%SS	Seguridad y salud.....	2,980.50
%GR	Gestión de residuos.....	2,016.00

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	203,652.07
---------------------------------	-------------------

13.00	% Gastos generales	26,474.77
6.00	% Beneficio industrial	12,219.12

SUMA DE G.G. y B.I.	38,693.89
---------------------	-----------

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	242,345.96
---	-------------------

21.00	% I.V.A.	50,892.65
-------	---------------	-----------

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA	293,238.61
---	-------------------

Asciende el total del presupuesto base de licitación con IVA a la expresada cantidad de:

DOSCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON
SESENTA Y UN CÉNTIMOS

A Coruña, a 15 de octubre de 2015.

El autor del anteproyecto: **Diego Valín Santaefemia**





B: MEMORIA JUSTIFICATIVA



ÍNDICE

01.- Antecedentes y Situación Actual

02.- Legislación y Normativa

03.- Estudio de Geotécnia

04.- Estudio Hidrológico

05.- Estudio Hidráulico

06.- Estudio de Alternativas

07.- Servicios Afectados

08.- Accesos y Aparcamiento

09.- Mobiliario Urbano



1 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

1.- ANTECEDENTES	2
1.1 Estudio de demanda	2
1.2 Objeto del anteproyecto	2
2.- SITUACIÓN ACTUAL	2
2.1 Tramo de estudio	2
2.2 Río Miño	3



1. Antecedentes y objeto del anteproyecto.

Como cualquier proyecto, este anteproyecto nace con la intención de solucionar un problema detectado.

Definimos el problema como la ausencia de zonas de baño públicas en la ciudad de Lugo. Este problema cobra seriedad dado que la ciudad de Lugo es atravesada por el Río Miño, el cual ofrece un gran privilegio para la ciudad.

Debido a la dificultad para justificar este problema, plantearemos un estudio de demanda que nos permita comparar la existencia de esta necesidad con respecto a otras ciudades.

1.1. Estudio de demanda

El estudio de demanda se plantea de la siguiente forma:

El objetivo de este estudio es calcular el área de baño por habitante que permite una determinada ciudad, de esta forma podremos cuantificar de alguna manera la existencia del problema a la hora de compararlo con los resultados de otras ciudades.

El radio de estudio entorno a la ciudad elegida se fija en 10 km, de esta forma se pretende buscar un área de baño cercana a la ciudad, para incrementar su acceso en autobús local o a pie.

Calculamos el área de baño comprendida para cada ciudad dentro de este radio y se dividirá por el número de habitantes de la ciudad. Las distintas zonas de baño disponibles actualmente las obtenemos a partir del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Las ciudades elegidas a parte de Lugo para poder contrastar los resultados de esta son el resto de ciudades importantes que pertenecen a Galicia.

En cambio se desechan de este estudio las ciudades que cuentan con zona costera, dado que estas no reflejarían resultados propicios a la hora de contrastarlos.

Por lo tanto, las ciudades escogidas son A Coruña, Ferrol, Lugo, Ourense, Santiago, Pontevedra y Vigo, pero como comentamos desechamos las costeras, quedándonos de esta forma: Lugo, Santiago y Ourense.

Los resultados obtenidos en (m²/hab) son los siguientes:

	Área de baño	Habitantes	Relación
Ourense	22207 m ²	106905	0.19643
Santiago	5400m ²	95800	0.05636
Lugo	3187m ²	98560	0.0323

Por lo tanto de esta forma demostramos que Lugo es la ciudad gallega con menos área de baño pública disponible para sus habitantes. Este estudio es una de las distintas formas de justificar la problemática detectada.

1.2. Objeto del anteproyecto.

Una vez demostrada la necesidad a satisfacer, es fácil definir los distintos objetivos del anteproyecto. Partiendo de las limitaciones impuestas en el estudio de alternativa, la ubicación de la playa queda delimitada a la ciudad de Lugo.

Ante este problema, el objetivo es claro y se define de la siguiente forma:

- Conseguir el mayor área de baño posible.
- Buscar una zona cercana al centro de la ciudad.

Otros objetivos:

- Integración de la infraestructura en el medio.
- Adecuación de zonas de ocio.
- Acercamiento de la población al entorno fluvial.
- Mejora de la visión y percepción del río.
- Favorecimiento del crecimiento económico y turístico.
- Revalorización socio-económica de Lugo.

2. Situación actual:

2.1. Tramo de estudio:

El área de actuación de la playa fluvial pertenece a la ciudad de Lugo, se localiza en A Tolda a 2,5 km del centro de Lugo, del cual es posible acceder directamente, atravesando la Av. De Madrid.

Cuenta con una gran cercanía a la vía N-VI a la altura del km 498, punto donde como dijimos acaba la Av. De Madrid.

Cuenta con el acceso de dos paseos fluviales, ambos se intersecan y finalizan en este punto. El paseo fluvial del Río Miño que discurre desde el barrio de A Ponte. El otro paseo fluvial pertenece al Río Rato,

el cual desemboca inmediatamente aguas abajo al azul con el que contamos en este tramo, por lo tanto el afluente del Rato no condicionará la situación de la playa.

En la actualidad, esta zona, cuenta con terreno habilitado para el uso como área de recreo. En cambio no dispone de un acondicionamiento en el margen del río para el uso como zona de baño. De forma que muchos habitantes de Lugo se acercan en su tiempo de ocio, pero no pueden disfrutar del baño en ella.



Cabe destacar la distancia a la construcción más cercana, lo que hace de este emplazamiento un lugar más que apropiado para el acondicionamiento de la playa fluvial.

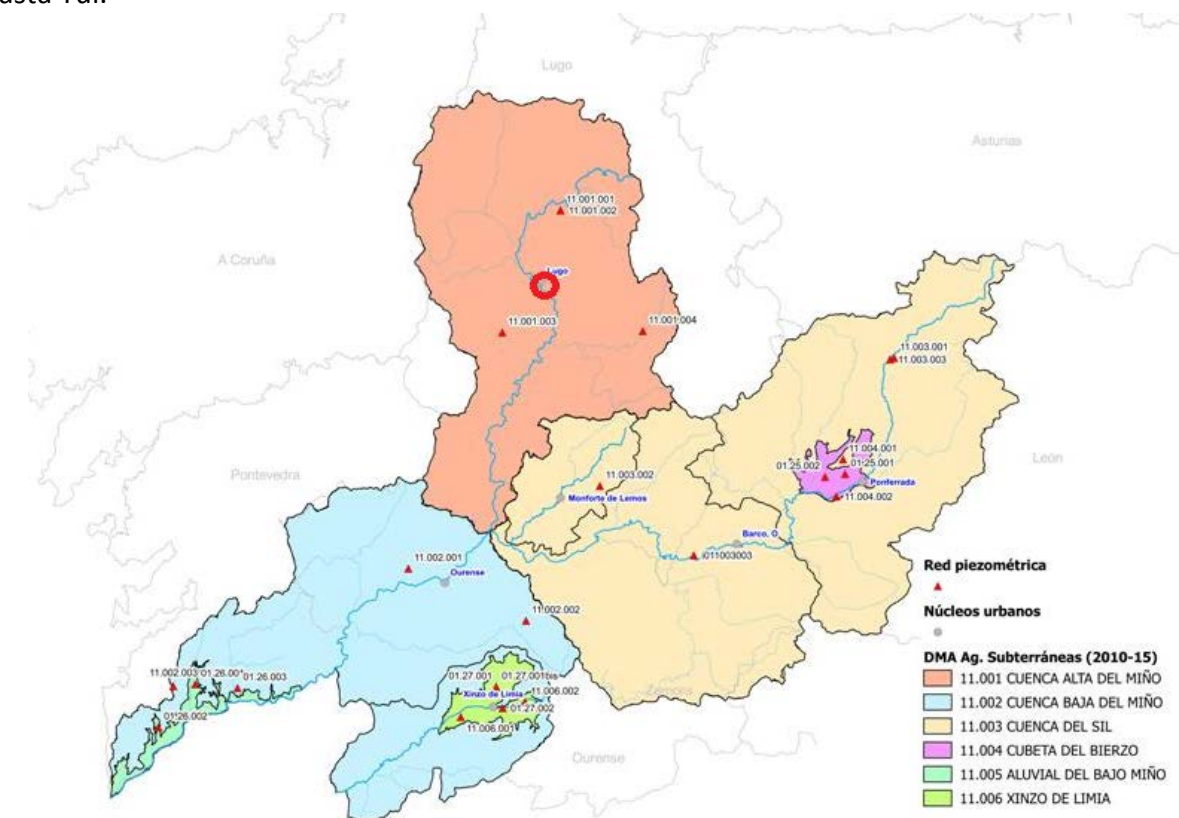
La extensión de terreno de recreo de la que se dispone en el entorno del río en este punto es muy alta, más de 20.000 metros cuadrados. Por otra parte la orografía del cauce también permite una elevada área de baño de entorno a 12.500 metros cuadrados.

2.2. Río Miño:

Nace en el Pedregal de Irimia de la sierra de Meira, a unos 695 m de altitud, en el municipio de Meira, al noreste de la provincia de Lugo y recibe las aguas de diferentes fuentes entre las que se encuentra la laguna de Fonmiñá (Pastoriza), situada en la misma provincia, a 600 metros, siendo ésta el primer afluente de importancia. El Miño fluye por el macizo Galaico y entre la cordillera Cantábrica y los montes de León, dos de las áreas más lluviosas de la península ibérica, siendo uno de los principales ríos de la vertiente atlántica.

Todo su curso alto está declarado Reserva de la Biosfera. El río Miño recorre sus primeros cuarenta kilómetros por la meseta de Lugo (Terrachá), penillanura cuya altitud oscila entre los cuatrocientos cincuenta y los seiscientos cincuenta metros sobre el nivel del mar. Durante todo su recorrido está encajado de forma que su cauce es profundo y ancho y carece de valle aluvial.

Sirve, en sus últimos 76 km, de frontera entre España y Portugal, y desemboca en el océano Atlántico formando un estuario entre La Guardia (Pontevedra) y Caminha. Es navegable en sus últimos 33 km, hasta Tui.





Como podemos observar en la imagen anterior, nuestro tramo de estudio pertenece a la cuenca alta del río Miño.

El sistema Miño Alto representa la zona de cabecera de la red fluvial del río Miño, abarcando desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Sil. Se establece como punto de cierre del sistema el embalse de Os Peares.



2 Legislación y Normativa

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- LEGISLACIÓN Y NORMATIVA	2
2.1 Lugar de actuación	2
2.2 Autorización órgano competente	2
3.- PLANO DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO DEL TRAMO	3



1.- INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se mencionan las leyes y normas seguidas durante todas las fases del diseño de este proyecto, prestando especial atención a aquellas que se consideran más relevantes para el diseño del mismo.

2.- LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

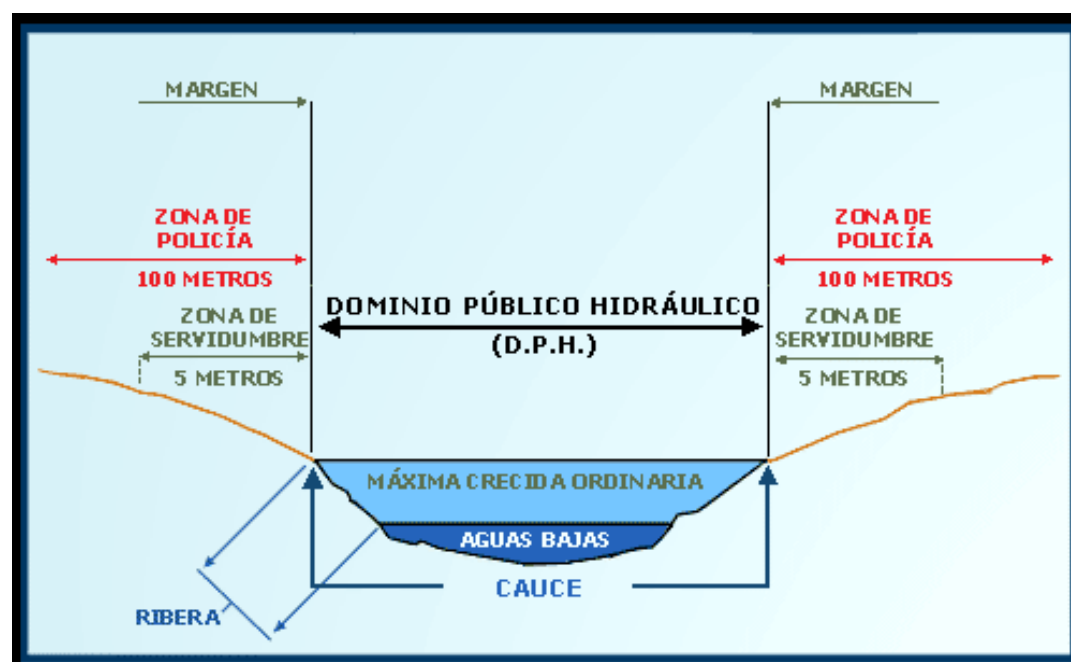
Se ha realizado una visita a la Confederación Hidrográfica de Lugo con intención de consultar la legislación con respecto al presente proyecto.

Según la información adquirida por el personal de la Confederación podemos distinguir dos formas de estudiar la normativa.

- En cuanto al lugar de la actuación.
- Autorización de la Confederación Hidrográfica Miño-Sil.

2.1. Lugar de actuación

Toda la actuación se desarrolla dentro de los límites del Dominio Público Hidráulico y en la zona de policía, la cual se extiende 100 m a cada lado, según el esquema siguiente:



Por lo tanto las leyes seguidas durante la fase de diseño de este proyecto son las siguientes:

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.

A los efectos de este real decreto se entenderá por:

Aguas de baño: cualquier elemento de aguas superficiales donde se prevea que puedan bañarse un número importante de personas o exista una actividad cercana relacionada directamente con el baño y en el que no exista una prohibición permanente de baño ni se haya formulado una recomendación permanente de abstenerse del mismo y donde no exista peligro objetivo para el público.

Por lo tanto podemos afirmar que en la zona elegida el agua es apta para el baño.

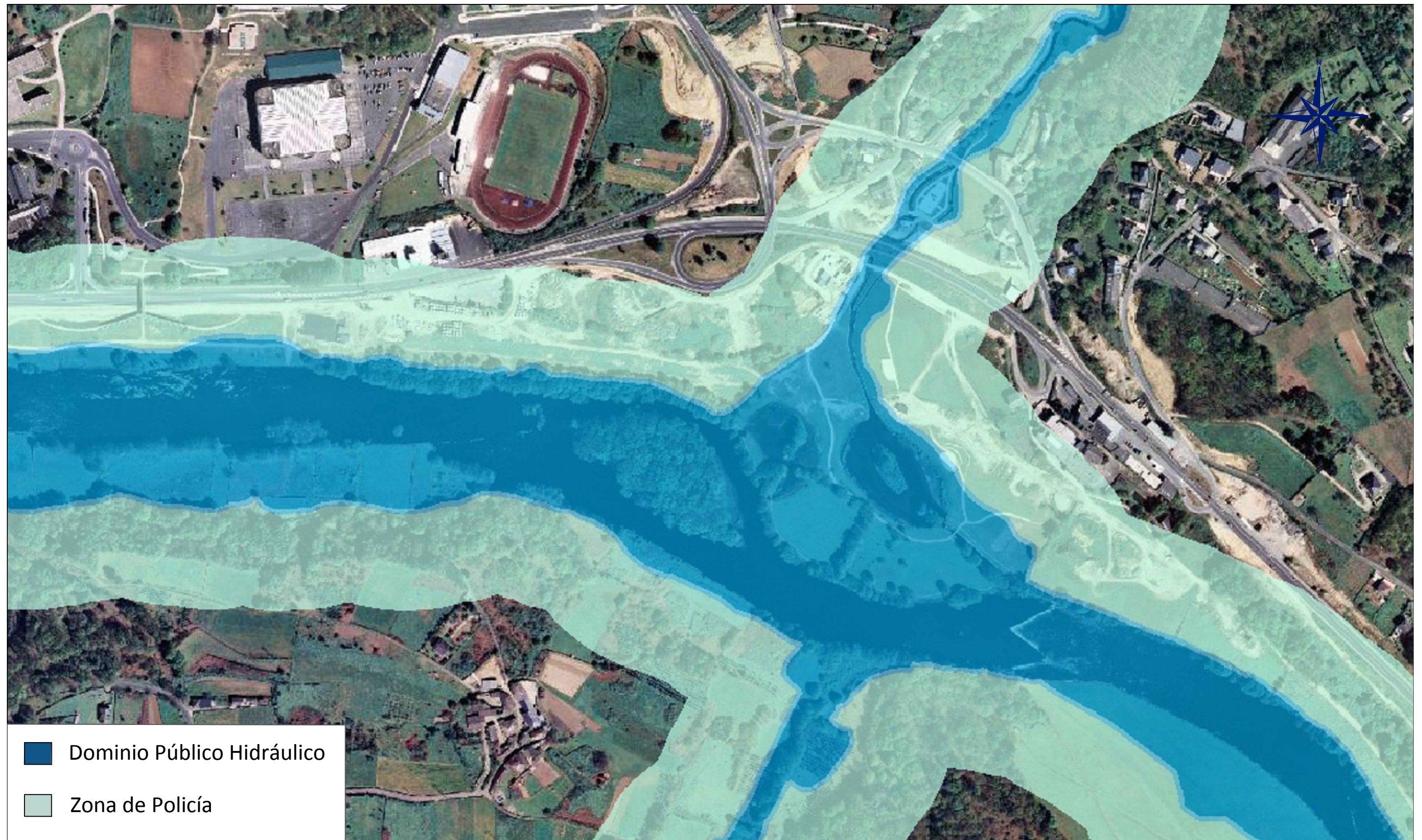
2.2. Autorización del órgano competente



Conforme a este aspecto, la Confederación Hidrográfica Miño-Sil, es la responsable de aceptar el permiso frente a actuaciones que afectan al Río Miño, en este caso.

Por lo tanto el presente anteproyecto facilitaría la solicitud de este permiso.

En cuanto a la Red Natura no tendremos problemas, debido a que solo afecta hasta el Puente Romano o Puente viejo de Lugo, el cual está 5 km aguas arriba de nuestra zona de actuación.

3.- PLANO DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO DEL TRAMO



			Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Dominio Público Hidráulico	Escala: 1 : 4000	Nº de plano: Plano 1	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 1 de 1	



3 ESTUDIO GEOTÉCNICO

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- FASES DE ESTUDIO	2
2.1 Primera fase	2
2.2 Segunda fase	2
3.- RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS EMPLEADOS	2
3.1 Ensayos Penetrométricos DPSH	2
3.2 Calicatas	2
3.3 Sondeos	2
3.4 Índice RQD	3
3.5 Trabajos de campo	3
3.6 Toma de muestras	3
3.7 Ensayos de laboratorio	4
4.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	5
4.1 Introducción	5
4.2 Niveles geotécnicos	5
4.3 Agresividad del hormigón	5
4.4 Nivel freático	5



1.- INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por objeto determinar las características geotécnicas de los materiales que constituyen el entorno más próximo al río Miño a su paso por Lugo.

Este anejo pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Caracterizar geotécnicamente el terreno de emplazamiento de la zona de obras.
- Obtener con ello la capacidad portante del terreno y la profundidad del sustrato rocoso.
- Determinación de las características geotécnicas de los diferentes niveles; identificación, propiedades de estado y parámetros resistentes.
- Determinación de la existencia y localización del Nivel Freático en la zona estudiada.
- Condiciones de los diferentes niveles que constituyen el subsuelo del margen izquierdo donde se prevé la construcción del muro.
- Como consecuencia de los estudios definidos en los apartados anteriores, fijar criterios acerca de las condiciones de cimentación y precauciones a tomar frente a posibles fenómenos de inestabilidad y erosionabilidad.

2.- FASES DE ESTUDIO

2.1 Primera fase

Consulta de la información disponible sobre la zona.

- Cartografía geológica del Plan MAGNA escala 1:50.000.
- Mapa Geotécnico General E: 1/200.000 (Instituto Geológico y Minero de España)

De acuerdo con todos los antecedentes expuestos se planifica una campaña de reconocimientos acorde con las características del Proyecto a desarrollar.

2.2 Segunda fase

Ejecución de los reconocimientos de campo, que consiste en la excavación de calicatas mediante una pala mixta, así como la ejecución de ensayos con penetrómetro DPSH. Todos los reconocimientos se han de distribuir de manera que se pueda caracterizar el subsuelo correspondiente a toda la superficie donde se proyecta el muro.

3. RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS EMPLEADOS

3.1 Ensayos Penetrométricos DPSH

El ensayo penetrométrico superpesado (DPSH) consiste en la medida de la resistencia a la penetración del terreno, mediante la introducción en el terreno de una puntaza de forma cónica, con un ángulo en punta de 90°. La introducción se realiza por el golpeo de una masa de 63,5 kg, con una caída de 760 mm. Se registrará el número de golpes (N20), requeridos para introducir en el terreno 200 mm la puntaza. Se considerará rechazo cuando se alcanza un N20 de 100.

3.2 Calicatas

La realización de una calicata consiste en la excavación de un hueco en el terreno (en este caso mediante una retroexcavadora), de forma que se puede realizar una inspección del material que constituye el subsuelo hasta la profundidad excavada, además de poder extraer muestras (alteradas o inalteradas). Por otra parte, la propia excavación nos permite extraer cierta información del comportamiento de los materiales excavados, así como ver si se intercepta el Nivel Freático o pequeñas bolsas de agua.

3.3 Sondeos

Los sondeos se han realizado por el sistema de rotación. Consiste en introducir en el terreno un tubo circular hueco, tubo sacatestigos, provisto de una corona de corte en su base. Penetra en terreno tallándolo y alojándolo en su interior, cuando se le proporciona una presión estática y hacia abajo a la vez que un par de rotación.

Cuando el tubo sacatestigos penetra una cierta longitud, del orden de unos dos metros, se eleva y se retira, recuperándose el terreno alojado en su interior, para luego constituir el testigo de la perforación.



Este testigo se aloja en cajas de madera, separando con tablillas cada tramo recuperado y anotando entre las mismas la profundidad en que se obtiene.

Al comienzo de los sondeos siempre se ha empleado el mayor diámetro de los tubos sacatestigos disponibles, que es de 101 mm, y se ha perforado con el mismo hasta la profundidad en que se ha optado por proseguir la perforación con un diámetro menor, para facilitar todas las operaciones de recuperación de testigos. Los diámetros menores han sido: 86 y 76 mm.

3.4 Índice RQD

El índice RQD (“Rock Quality Designation” o índice de calidad de la roca) es una medida cuantitativa del estado de fracturación de la roca. Este índice representa el porcentaje de longitud de piezas de testigo recuperadas iguales o mayores que 10 cm, frente a la longitud teórica del núcleo de roca recortada.

3.5 Trabajos de Campo

Se han realizado dos perfiles geofísicos mediante la técnica de sísmica de refracción, con el fin de determinar el espesor de los estratos en la zona de estudio.

Este tipo de reconocimientos son adecuados cuando es necesario investigar de modo rápido y económico alineaciones de cierta longitud. No obstante, una interpretación definitiva de los resultados es difícil. Por ello, estos procedimientos han de ser completados, tal y como se hará en este anteproyecto, con sondeos mecánicos que permitan confirmar la estratigrafía y las características del terreno deducidas de la interpretación geofísica. Sin embargo, los perfiles geofísicos son muy útiles para la interpolación de información entre sondeos mecánicos.

El método de la sísmica de refracción se basa en la propagación de ondas elásticas a través de los materiales que forman el subsuelo.

Para su aplicación se introduce en el terreno una energía por golpeo, una explosión o la caída de una masa, creándose un frente de ondas elásticas que se propagará a través de los materiales de forma similar a un rayo luminoso, cumpliendo las leyes que rigen a éstos.

Sufrirá entonces este frente procesos de reflexión, refracción y difracción entre otros. En este caso, la fuente de energía consiste en el golpe de una maza de 8 kilos de peso sobre una superficie circular de duraluminio que lleva incorporado el sistema de apertura del circuito de medición.

Mediante unos sensores similares a un sismógrafo, denominados geófonos, se recogen las ondas directas y refractadas, cuyas vibraciones se traducen en impulsos eléctricos reflejados en un osciloscopio para su análisis.

De entre todas las ondas emitidas y refractadas se señala o utiliza la primera de llegada entre las más rápidas, denominadas primarias u ondas P, obteniéndose así una representación gráfica de espacio tiempo.

Posteriormente, aplicando las leyes de Snell y la de propagación de rayos luminosos en diferentes medios, y a partir de los gráficos anteriores, se obtienen los valores de las velocidades de propagación del frente de ondas en las diferentes capas del terreno, correspondiéndose una mayor velocidad de propagación con una mayor compacidad de los materiales.

Por tanto, se puede mediante la realización de estos perfiles, determinar la potencia de alteración en macizos rocosos, así como la estimación de propiedades del terreno en función de las velocidades de propagación.

3.6 Toma de Muestras

A intervalos más o menos regulares de la perforación, después de retirar el tubo sacatestigos se procede a la toma de muestras inalteradas. Estas se recuperan empleando una cuchara toma muestras, la cual se hince en el fondo del sondeo hasta entonces perforado.

Una cuchara es un tubo cilíndrico, constituido por una zapata biselada, un cuerpo dividido en dos medias cañas y una válvula esférica. En el interior del cuerpo de la cuchara se coloca un tubo de PVC, en el que se introduce la muestra, a la que sirve de protección cuando se retira de la cuchara para ser llevada al laboratorio. Cuando se emplean cucharas cuyos diámetros exteriores e interiores cumplen ciertas proporciones, para que el proceso de hince de las mismas destruya lo menos posible las propiedades del terreno, se dicen que las muestras son inalteradas. Las muestras en este trabajo recuperadas que se pueden considerar como tales, se identifican con “I” de inalterada y el diámetro exterior al que corresponde.

Para la realización de los ensayos SPT se procede a la toma de muestras con la cuchara estándar y se obtiene muestras SPT. Las muestras obtenidas mantienen la humedad pero no las características mecánicas.

Como la toma de muestras se realiza hincando las cucharas, el proceso puede ser considerado como una medida de la resistencia del terreno a la penetración dinámica.

Cuando se hince la cuchara estándar se cuenta el número de golpes de maza necesarios para hincar cada uno de los cuatro tramos de 15 cm que forman la longitud total de 60 cm del cuerpo de la cuchara, siendo el número SPT la suma de los golpes necesarios para hincar los dos tramos intermedios de 30 cm. La hince se debe hacer, para que el proceso se pueda considerar como ensayo estándar, golpeando con una maza de 65Kg dejada caer desde 75 cm de altura.

3.7 Ensayos de Laboratorio

Las muestras recuperadas son llevadas al laboratorio de mecánica del suelo, dónde se abren para su identificación y realización de ensayos pertinentes:

Ensayos Físicos

- Análisis granulométrico por tamizado y determinación de la densidad seca.
- Límites de Atterberg.
- Humedad natural.
- Ensayo Proctor Normal.
- Ensayo CBR.
- Hinchamiento libre a la densidad máxima del Proctor Normal.

Ensayos Químicos

- Contenido en sulfatos.
- Contenido en sales solubles.
- Determinación del contenido en materia orgánica.

A continuación se describen algunos de los ensayos: Coeficiente de permeabilidad: Permite determinar la mayor o menor dificultad al paso del agua a través de sus poros. A partir de un aparato denominado permeámetro en el que se introduce la muestra donde el flujo de agua se produce de manera vertical una vez saturada la muestra. De esta forma se determina el tiempo que tarda un caudal Q en atravesarla. Debido a las propiedades impermeables de la arcilla este método no resulta viable por lo que se ha utilizado un ensayo triaxial para determinar el coeficiente de permeabilidad.

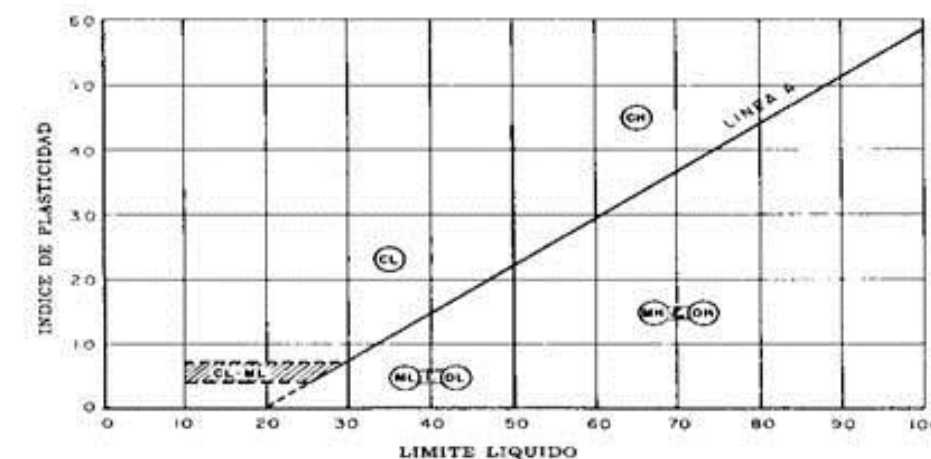
Índice de Lambe: Representa la presión que ejerce el suelo al humectarse en el interior de un molde y reaccionar contra un pistón calibrado.

Ensayo de presión de hinchamiento: Es la máxima presión que desarrolla una muestra de suelo inalterado dentro de un molde edométrico.

Límites de Atterberg: Atterberg define unos límites con los que se determina la consistencia del suelo en función del contenido de agua a partir de la determinación de la humedad. Se especifican tres límites, LP (límite plástico) que separa el estado semisólido del plástico, LL (Límite líquido) que separa el estado plástico del semilíquido y el de retracción o consistencia que separa el estado sólido seco y el semisólido.

Determinados los límites LL y LP se puede obtener un punto representativo de cada muestra de suelo en la carta de Plasticidad de Casagrande representando la relación del límite líquido con el índice de plasticidad (IP) siendo $IP = LL - LP$ es decir, intervalo de humedades para pasar de estado semisólido al semilíquido. A partir de diversos estudios prácticos se definen que los suelos con $LL > 50$ son considerados como suelos de alta plasticidad (admiten mucho agua pudiendo dar deformaciones plásticas grandes) por el contrario si $LL < 50$ se consideran de baja plasticidad.

Utilizando la línea A y los criterios de alta y baja plasticidad se definen varias zonas en la carta que nos permitirán completar la identificación del suelo. Dicho elemento permite determinar el predominio de la partícula arcillosa.





4 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

4.1 Introducción

Por tratarse de un anteproyecto académico, y no disponer de los medios para hacer ensayos, tras la descripción de cuál sería el proceso a seguir para la caracterización geotécnica, se hace una descripción genérica de los niveles geotécnicos a partir de resultados obtenidos en el proyecto del tramo de paseo existente aguas arriba.

4.2 Niveles Geotécnicos

- Nivel geotécnico 1 "Suelos Vegetales".

Este nivel presenta un espesor comprendido entre 0,30 m y 0,50m. Dada su naturaleza, no debe ser considerado apto como superficie de apoyo. Pero sí se reutilizará en las zonas que, una vez terminadas las obras, vuelvan a ser consideradas "zonas verdes" y taludes.

- Nivel geotécnico 2 " Arenas aluviales marrones".

En realidad este nivel engloba a unas arenas marrones, con presencia de alguna grava, así como por la presencia testimonial de finos, principalmente del arrastre de suelos de alteración esquistosos. Hacia la base de este nivel muestran normalmente un cambio de coloración, adquiriendo una tonalidad grisácea. Alcanza un espesor que oscila entre 0,40 m y 1.90m

- Nivel geotécnico 3 "Arenas con gravas y materia orgánica".

Este nivel se caracteriza por la presencia de una granulometría heterométrica, con abundantes cantos, así como una coloración muy oscura, debido a la presencia de materia orgánica. Presenta un espesor que varía entre 0,20 m y 1,20 m.

- Nivel Geotécnico 4 "Substrato rocoso".

El substrato rocoso está constituido por los esquistos micáceos característicos de la zona. En las calicatas se identifica por la extracción de grandes lajas, mientras que en los ensayos penetrométricos viene identificado por un golpeo de rechazo, NDPSH<100. La profundidad de detección varía entre 1,70 m y 7 m.

4.3 Agresividad del hormigón.

Considerando los resultados obtenidos en los ensayos realizados para determinar la agresividad al hormigón se puede cuantificar la presencia de sulfatos en los suelos como despreciable.

4.4 Nivel Freático

Al realizar las calicatas, se comprobó como las principales infiltraciones entraban por la dirección opuesta al río Miño, detectándose a una profundidad variable, entre los 3 y 4m.



4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- SAIH	2
3.- ESTACIÓN DE AFORO RÍO MIÑO	4
3.1 Valores hidrológicos característicos	4
3.2 Aportaciones mensuales	5
3.3 Aportaciones anuales	6
3.4 Períodos de retorno caudal	6

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es definir los distintos caudales que atraviesan el cauce de nuestra cuenca a lo largo del año, así como los distintos períodos de retorno. Estos datos son necesarios para ejecutar un modelo que nos permita analizar la situación actual y el comportamiento frente a las diferentes actuaciones que se realicen.

Para la realización del presente estudio se ha recogido información del SAIH (Sistema automático de información hidrológica) que nos ofrece la Confederación Hidrográfica Miño-Sil.

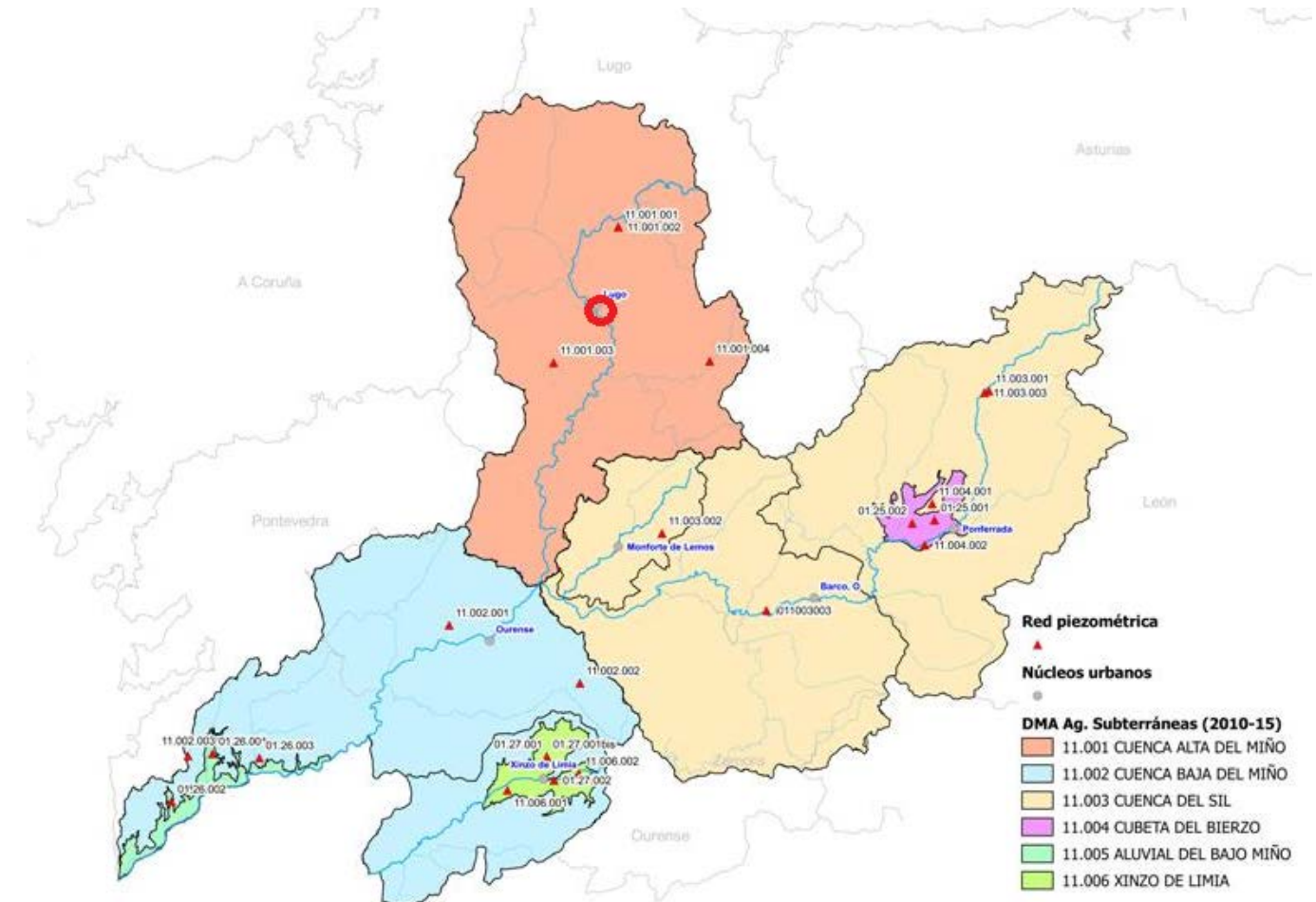
2. SAIH

El SAIH se implanta en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil en las cuencas de los ríos Miño y Sil y la parte española de la cuenca del río Limia. El planteamiento inicial para la implantación de la red SAIH se ha caracterizado por la existencia de una serie de condicionantes específicos que establecen un marco de referencia para el diseño del sistema, como son:

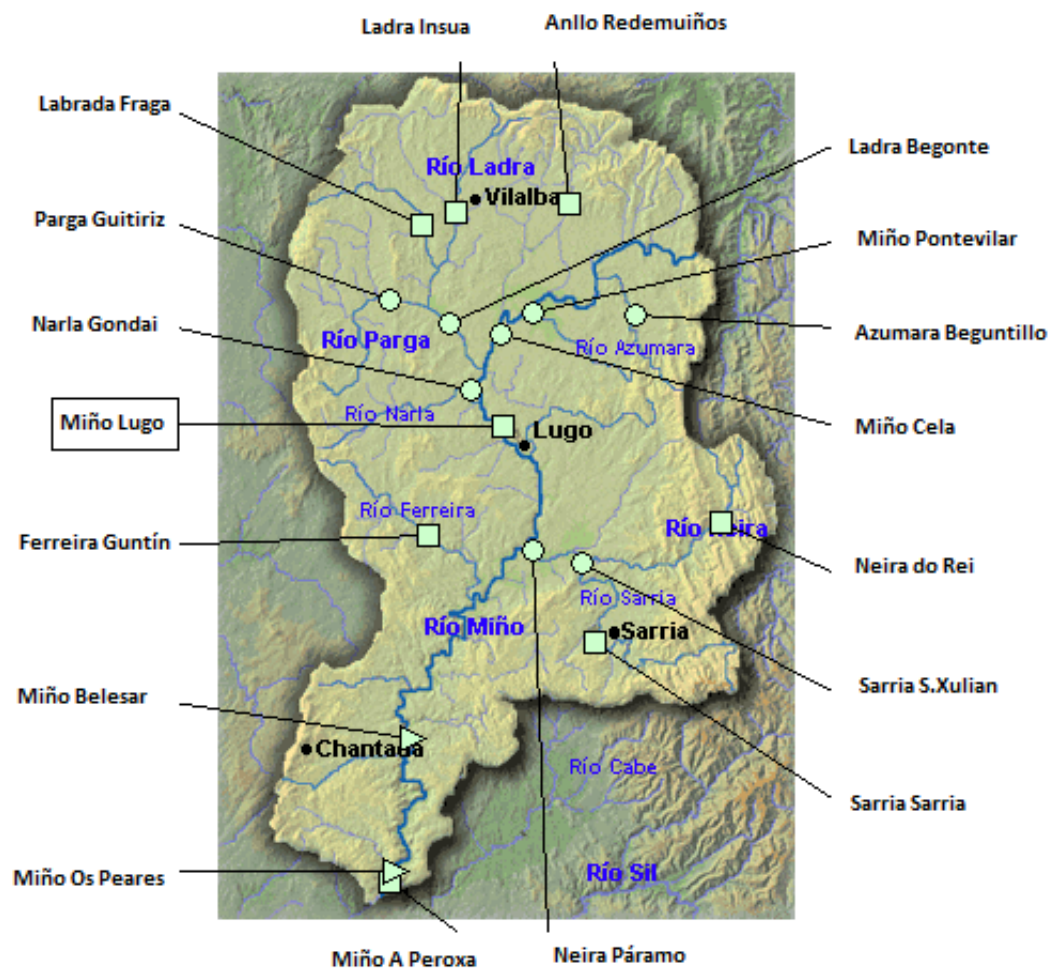
- Estaciones de aforo
- Estaciones de nivel
- Estaciones de embalse
- Estaciones de zona regable
- Estaciones Pluviométricas o Meteorológicas

El caudal circulante por los diferentes puntos de la red es una información esencial que debe manejar el Sistema. Sin embargo, generalmente no es una variable de obtención directa por medio de la red de sensores, sino que se obtiene indirectamente a partir de una o varias variables que sí son medidas directamente por los sensores del SAIH: nivel, nivel y velocidad, nivel y apertura de compuerta, etc., en función de las características del punto donde se realiza el control.

Por lo tanto, lo primero es identificar la estación de aforos que nos permita obtener una información real sobre nuestra cuenca. Como podemos observar en la siguiente imagen, nuestro tramo de estudio pertenece a la cuenca alta del Miño.



El sistema Miño Alto representa la zona de cabecera de la red fluvial del río Miño, abarcando desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Sil. Se establece como punto de cierre del sistema el embalse de Os Peares, última estación de control anterior a la desembocadura del río Sil (aproximadamente a 1,5 km). Dentro de la cuenca alta del Miño disponemos de ocho estaciones de nivel, ocho estaciones de aforo y dos estaciones de embalse, ubicadas como indica la siguiente imagen de dicha cuenca:



Como se observa en la imagen la estación de aforos más próxima a nuestro tramo de estudio es la Miño Lugo, que se encuentra a tan solo cuatro kilómetros aguas arriba de dicho tramo. De esta estación obtendremos todos los datos hidrológicos necesarios para el estudio del tramo, pero primero se muestra el balance hídrico medio anual de toda la cuenca del Miño Alto.

En el cual se registran los siguientes datos:

Precipitación superficial (P)

Evapotranspiración potencia (ETP)

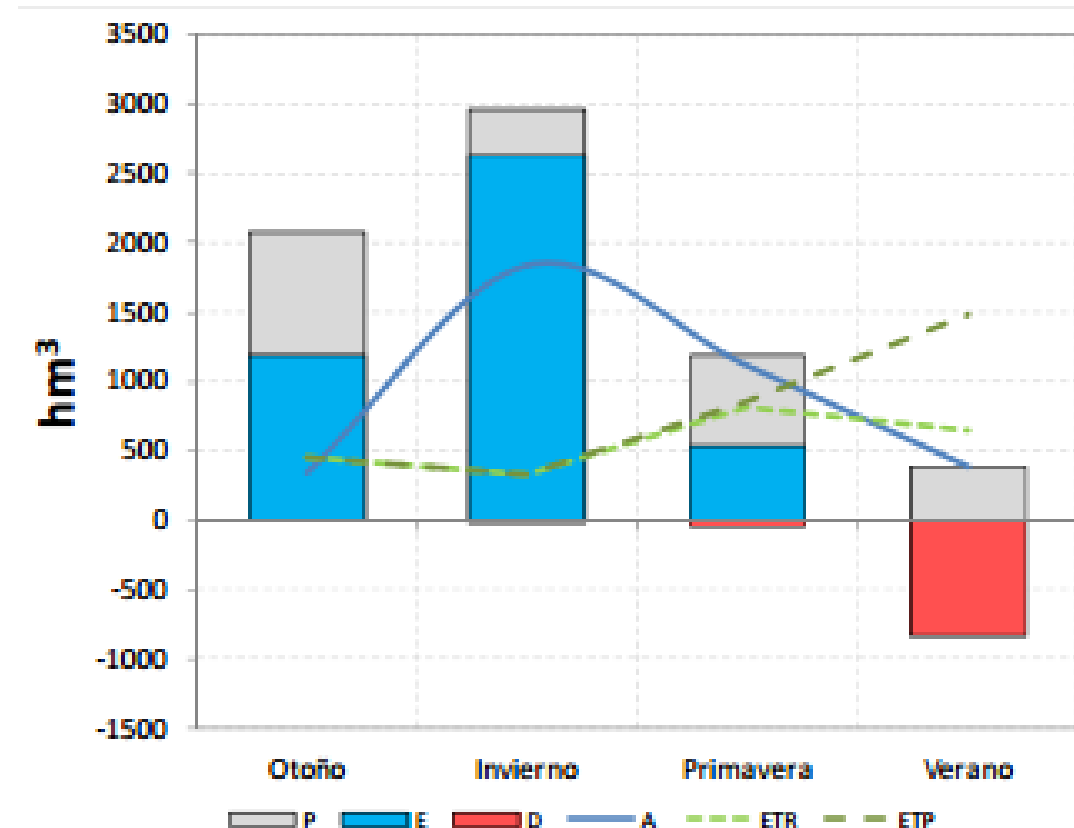
Evapotranspiración real (ETR)

Déficit (D) = (ETP-ETR)

Exceso de agua del suelo (E)

Caudal circulante de salida del sistema (A)

	P (hm ³)	ETP (hm ³)	ETR (hm ³)	D (hm ³)	E (hm ³)	A (hm ³)
Otoño	2.076	452	452	0	1.196	347
Invierno	2.966	335	333	1	2.633	1.832
Primavera	1.187	863	814	50	541	1.111
Verano	386	1.484	648	837	0	392
Anual	6.615	3.134	2.247		4.370	3.682



3. ESTACIÓN DE AFORO RÍO MIÑO

Tal y como reflejábamos en el apartado anterior, usaremos los datos obtenidos a partir de la estación de aforos Miño Lugo, denominada concretamente como N001 1622.

Se encuentra tan sólo a cuatro kilómetros aguas arriba de nuestro tramo de estudio y dado que en este corto recorrido del río no se localiza ningún punto singular, la información obtenida a través de esta estación será la que utilicemos posteriormente.

Características de la estación Miño Lugo y la cuenca de estudio:

Cod. SAIH	N001
Cod. ROEA	1622
Sistema	Miño Alto
Cuenca (km ²)	2216.5
Tipo de sensor	Piezorresistivo
Régimen	Natural
Sección	Cauce natural
Cota (m)	368.04



Los registros de esta estación nos permiten entre otros muchos datos conocer el nivel del agua y el caudal medio de todos los días del año. Debido al largo período de funcionamiento de dicha estación los registros son una media suficientemente fiable para trabajar con ella.

La confederación hidrográfica nos facilita una tabla con la media histórica de los registros diarios de nivel y caudal. A partir de estos datos podremos calcular los valores característicos hidrológicos medios, es decir:

- Caudal mínimo medio diario.
- Caudal medio diario.
- Caudal máximo medio diario.
- Caudal máximo histórico.
- Caudales en función de los distintos períodos de retorno.

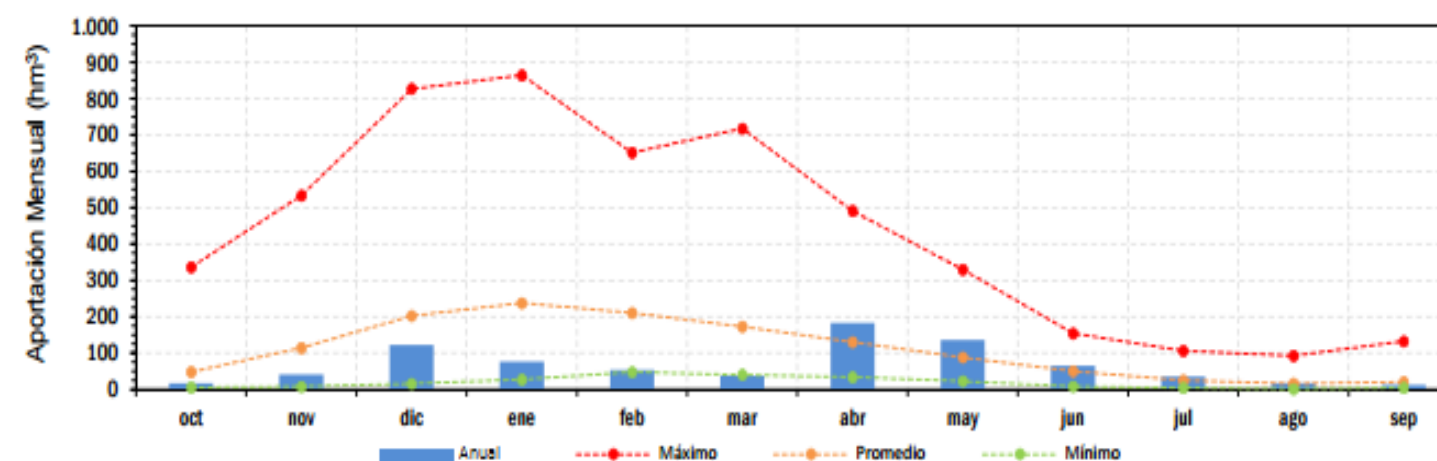
RÍO MIÑO EN LUGO												
DIA - MES	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO	
	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal
1	0,87	3,81	0,94	7,51	1,04	15,86	1,15	27,69	1,06	18,03	1,05	16,59
2	0,87	3,71	0,96	8,89	1,17	32,52	1,30	50,70	1,09	21,12	1,05	15,99
3	0,87	3,98	0,97	9,58	1,30	50,75	1,35	59,17	1,09	20,51	1,04	15,53
4	0,87	3,73	1,02	13,64	1,18	32,45	1,26	44,34	1,06	17,19	1,04	15,93
5	0,87	3,74	1,04	15,67	1,20	34,77	1,30	49,60	1,05	16,48	1,04	15,73
6	0,86	3,52	1,02	14,04	1,32	53,05	1,24	40,48	1,10	21,71	1,04	15,29
7	0,86	3,39	1,04	15,67	1,25	41,90	1,21	36,75	1,16	29,54	1,03	14,75
8	0,84	3,02	1,00	12,22	1,19	33,49	1,19	33,70	1,19	33,29	1,03	14,81
9	0,84	3,07	0,98	10,45	1,16	30,01	1,17	31,28	1,14	27,45	1,03	14,44
10	0,86	3,39	0,98	9,88	1,19	33,86	1,16	29,14	1,12	24,81	1,02	14,02
11	0,86	3,44	1,02	14,14	1,28	47,29	1,14	27,24	1,11	23,10	1,02	13,73
12	0,85	3,27	1,19	33,65	1,21	36,46	1,13	25,95	1,09	21,30	1,02	13,57
13	0,87	3,66	1,10	21,65	1,20	35,15	1,13	25,46	1,08	19,70	1,02	13,53
14	0,86	3,47	1,05	16,28	1,35	59,02	1,12	24,34	1,09	20,36	1,02	13,13
15	0,85	3,27	1,02	13,94	1,35	58,67	1,12	24,32	1,13	25,96	1,01	12,67
16	0,86	3,42	1,03	14,40	1,37	63,13	1,14	26,46	1,13	26,04	1,01	12,46
17	0,86	3,50	1,10	21,60	1,73	140,35	1,13	25,39	1,11	23,25	1,01	12,53
18	0,85	3,36	1,06	17,96	1,57	101,21	1,12	23,86	1,10	21,97	1,03	14,27
19	0,85	3,32	1,05	16,17	1,42	70,73	1,11	23,67	1,09	21,06	1,09	20,55
20	0,85	3,18	1,06	17,14	1,34	56,08	1,12	24,09	1,09	20,30	1,07	18,54
21	0,85	3,11	1,04	15,58	1,33	55,62	1,12	24,32	1,08	19,32	1,04	15,92
22	0,83	2,89	1,04	15,14	1,29	48,53	1,12	24,25	1,07	18,56	1,03	14,58
23	0,85	3,33	1,08	20,17	1,25	42,62	1,11	23,12	1,06	17,97	1,03	14,20
24	0,91	5,36	1,15	28,08	1,23	38,56	1,10	22,29	1,06	17,76	1,02	13,88
25	0,98	10,26	1,08	19,70	1,20	35,40	1,10	21,77	1,06	17,52	1,02	13,76
26	0,99	10,74	1,05	16,90	1,18	32,27	1,09	21,09	1,06	17,52	1,01	13,01
27	1,14	27,29	1,04	15,56	1,16	29,79	1,09	20,87	1,06	17,49	1,00	12,07
28	1,16	30,02	1,03	14,79	1,15	28,01	1,08	19,80	1,06	17,33	1,00	11,40
29	1,04	15,82	1,02	13,82	1,14	26,81	1,08	19,68	1,05	16,86	0,99	11,07
30	0,98	10,42	1,02	13,92	1,13	26,18	1,07	18,66			0,99	10,95
31	0,96	8,70			1,13	25,31	1,07	18,05			0,98	10,47
MAX-INS	1,26	43,79	1,24	40,73	1,76	146,73	1,42	71,27	1,21	36,31	1,10	21,94
DIA	27	27	12	12	17	17	2	2	8	8	19	19
APORT. HM ³		17,0		41,3		122,3		76,7		53,0		38,0
Q- MEDIO		6,4		15,9		45,7		28,6		21,9		14,2



DIA - MES	ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal
1	0,98	10,25	1,41	69,31	1,09	20,79	1,05	16,44	0,95	8,18	0,89	4,80
2	0,98	10,34	1,37	62,85	1,08	20,12	1,05	16,98	0,94	7,55	0,90	5,03
3	0,98	10,11	1,33	54,90	1,09	21,26	1,05	16,33	0,94	7,31	0,90	4,83
4	0,97	9,76	1,35	58,14	1,08	20,13	1,04	15,64	0,93	6,97	0,89	4,75
5	0,97	9,48	1,47	82,21	1,07	18,75	1,04	15,35	0,93	6,72	0,89	4,41
6	0,97	9,68	1,51	89,28	1,06	17,83	1,04	15,11	0,93	6,91	0,88	4,25
7	1,00	11,69	1,41	68,60	1,07	18,38	1,05	17,00	0,94	7,48	0,88	4,14
8	1,11	22,97	1,53	92,93	1,10	22,07	1,06	17,89	0,94	7,46	0,88	3,99
9	1,05	16,45	1,69	129,44	1,09	20,32	1,07	18,74	0,94	7,34	0,88	4,13
10	1,03	14,65	1,55	98,12	1,07	18,60	1,05	16,31	0,93	6,90	0,88	4,00
11	1,06	17,61	1,42	71,14	1,09	21,04	1,03	14,46	0,92	5,90	0,87	3,87
12	1,12	24,15	1,36	60,09	1,13	25,82	1,03	14,20	0,91	5,51	0,87	3,80
13	1,17	30,94	1,32	54,18	1,16	29,62	1,03	14,14	0,91	5,74	0,86	3,59
14	1,27	47,12	1,30	50,74	1,12	24,60	1,02	13,25	0,92	5,86	0,86	3,62
15	1,45	77,71	1,28	46,63	1,09	21,04	1,03	14,73	0,92	5,83	0,86	3,49
16	1,44	75,41	1,25	42,94	1,15	29,22	1,03	14,75	0,92	6,23	0,87	3,73
17	1,32	53,13	1,24	40,68	1,27	45,08	1,02	13,91	0,94	7,00	0,87	3,74
18	1,34	58,32	1,22	37,67	1,29	49,09	1,01	13,01	0,93	6,69	0,86	3,63
19	2,02	224,59	1,20	34,48	1,25	42,84	1,00	11,92	0,92	6,37	0,86	3,50
20	2,24	300,98	1,19	34,00	1,18	32,77	1,00	11,38	0,92	6,28	0,86	3,57
21	1,95	201,33	1,19	33,38	1,17	30,16	0,99	10,98	0,92	6,06	0,87	3,67
22	1,74	142,78	1,18	31,50	1,19	33,74	0,99	10,95	0,91	5,77	0,86	3,55
23	1,55	97,74	1,18	31,59	1,15	27,53	0,98	10,54	0,91	5,51	0,87	3,77
24	1,51	88,01	1,16	30,00	1,13	25,03	0,98	10,35	0,91	5,30	0,88	4,04
25	1,56	100,92	1,15	28,15	1,11	23,46	0,98	10,02	0,90	5,02	0,88	4,14
26	1,71	133,71	1,13	25,89	1,10	22,16	0,98	9,83	0,90	5,02	0,92	6,31
27	1,53	94,22	1,12	24,36	1,09	21,14	0,97	9,37	0,91	5,41	0,96	8,92
28	1,48	83,45	1,11	23,71	1,07	18,87	0,96	8,67	0,92	5,92	0,95	7,96
29	1,46	79,03	1,11	23,24	1,06	17,66	0,95	8,06	0,91	5,56	0,93	6,74
30	1,38	64,61	1,10	22,26	1,05	16,76	0,96	8,32	0,90	5,19	0,92	5,97
31			1,10	21,55			0,96	8,60	0,90	5,28		
MAX-INS	2,31	327,80	1,72	136,59	1,35	58,61	1,08	19,67	0,96	8,64	0,97	9,37
DIA	20	20	9	9	18	18	8	8	1	1	26	26
APORT. HM ³		183,3		136,0		65,3		35,2		16,8		11,7
Q- MEDIO		70,7		50,8		25,2		13,1		6,3		4,5

Aportaciones mensuales:

	Aportaciones mensuales (hm ³)												Aportación (hm ³) Año hidrológico
	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	
Promedio	48,0	114,0	202,6	237,2	209,9	172,6	130,0	88,2	50,0	24,7	16,1	20,0	1.353,0
Máximo	336,0	533,1	826,9	863,9	651,3	717,2	491,0	329,3	153,7	105,8	92,2	131,8	3.764,4
Mínimo	5,6	7,2	15,3	26,8	47,2	40,2	33,5	22,8	7,9	4,3	1,0	4,0	240,7
Anual	17,0	41,3	122,3	76,7	53,0	37,9	183,3	136,0	65,3	35,2	16,8	11,7	797

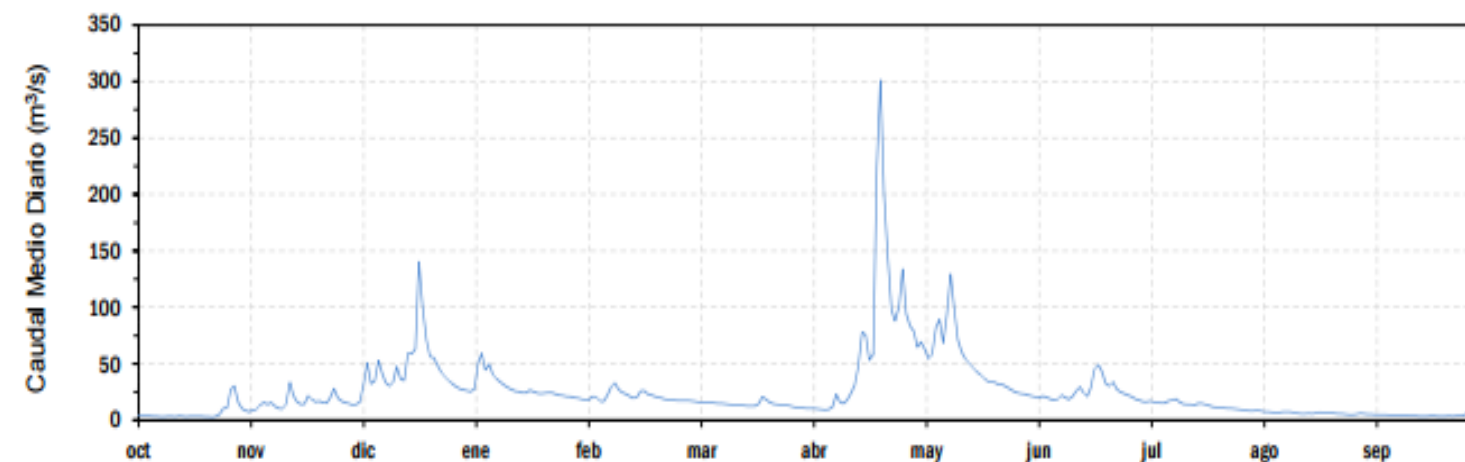
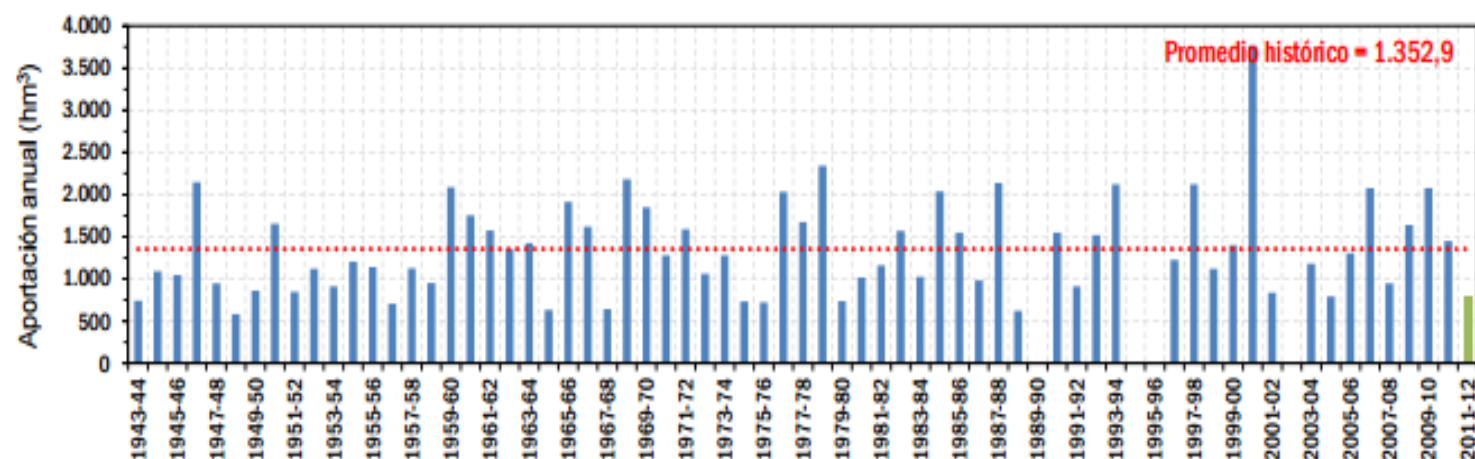


De los resultados de las aportaciones mensuales podemos observar que aunque los máximos registros se adquieren en invierno, las mayores crecidas se suelen dar en los meses de primavera.

Gracias a la antigüedad de la estación de nivel, se dispone de un gran número de registros anuales. De esta forma podemos realizar el mismo gráfico anterior pero con las aportaciones anuales, que nos permite obtener un promedio histórico.

Con esta información podemos calcular los diferentes caudales tanto medios como de avenida. Empezando por las aportaciones mensuales y anuales llegamos a los valores hidrológicos característicos de la cuenca a la que pertenece nuestro tramo. Así como gráficos de los distintos resultados en función de la época del año.

Aportaciones anuales:



En el anterior gráfico se reflejan las variaciones de caudal medio diario que se dan a lo largo de un año, por lo tanto si se pretende simular la pérdida de sedimentos durante un año, el caudal de simulación debe oscilar de la misma forma.

Al disponer de una recopilación de registros durante tanto tiempo, no será difícil calcular los períodos de retorno para los caudales de avenida.

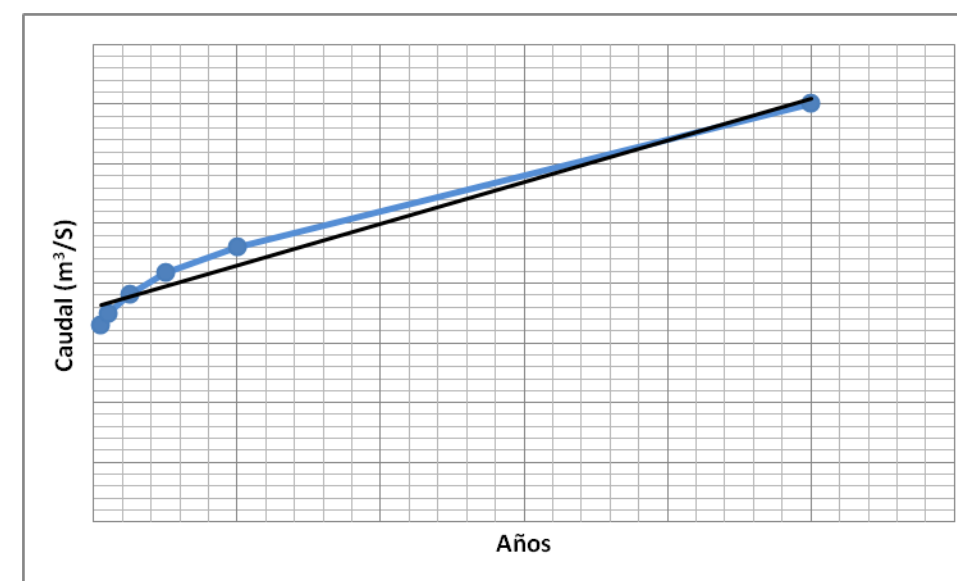
En todo caso, primero obtenemos los valores hidrológicos característicos, dado que también los utilizaremos para la simulación del tramo en el programa HEC-RAS en el Anejo del Estudio Hidráulico.

Valores hidrológicos característicos			
Caudal Medio Diario (m^3/s)	25,2	Caudal máximo medio diario (m^3/s)	301,0
Aportación anual (hm^3)	796,6	Caudal máximo instantáneo (m^3/s)	327,8
Caudal máximo histórico	706,0 (07/12/2009)	Caudal mínimo medio diario (m^3/s)	2,80

Periodo de retorno
1 Año

Con estos valores hidrográficos y con los períodos de retorno que obtendremos a continuación modularemos el río, así como las actuaciones realizadas en él. Pues para la realización de un estudio de transporte de sedimentos es necesaria la simulación de un régimen casi no permanente, en la cual el caudal variará en función del tiempo.

Períodos de retorno caudal:



Años	m^3/s
5	1.648,8
10	1.745,1
25	1.908,4
50	2.083,2
100	2.303,5
500	3.505,9



5 ESTUDIO HIDRÁULICO

1.- Introducción	2
2.- Método de Cálculo	2
2.1.- Programa HEC-RAS	2
2.2.- Parámetros de la Modelización	2
3.- Modelización	5
3.1.- Situación Actual	6
3.2.- Muro Transversal	6
3.3.- Muro Transversal + Muro Longitudinal	6
3.4.- Muro Transversal + Muro Longitudinal + Transporte de sedimentos	6

APÉNDICE 05 – 1: Situación secciones

APÉNDICE 05 – 2: Modelo Situación Actual

APÉNDICE 05 – 3: Modelo Muro Transversal

APÉNDICE 05 – 4: Modelo Muro Transversal + Muro Longitudinal

APÉNDICE 05 – 5: Modelo Muro Transversal + Muro Longitudinal + Aportación de árido



1. Introducción

En el presente anejo se realiza un análisis del comportamiento hidráulico del río Miño en la zona donde se pretende realizar la actuación.

Para ello, se ha realizado un modelo hidráulico del río por medio del programa informático Hec-Ras versión 4.1.0.

La eficacia y los efectos de las obras proyectadas se obtendrán por medio del análisis de los resultados obtenidos en el programa, de los que se desprende la importancia de dicho modelo.

2. Método de cálculo

2.1 Programa HEC-RAS

Como ya se ha comentado, la modelización hidráulica del río se ha realizado por medio del programa informático HEC-RAS.

Este programa ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre, así como simulaciones del transporte de sedimentos del lecho del río.

El procedimiento de cálculo se basa en la resolución de la ecuación unidimensional de la energía utilizando el método del "Standard Step". La modelación matemática es siempre una aproximación a la realidad, tanto mejor cuanto más se adapten las ecuaciones de partida y el esquema numérico para su resolución al fenómeno real que se está estudiando.

2.2 Parámetros de modelización

Para obtener un correcto estudio hidráulico del tramo, se van a modelizar diversas simulaciones en dicho punto:

- Situación actual. De forma que conozcamos cómo funciona la hidráulica del río previa a la actuación.

- Soluciones constructivas. Simulando cada una de las obras proyectadas y las combinaciones de ellas, para conseguir de esta forma las variaciones que presentan frente a la situación actual.

Por este motivo, se han introducido diferentes datos en cada uno de los apartados que comentaremos a continuación. Las diferentes situaciones que se van a modelizar son los siguientes modelos:

- Modelo **1**: Estado original.
- Modelo **2**: Muro transversal. (Azud existente).
- Modelo **3**: Muro longitudinal, margen izquierdo.
- Modelo **4**: Muro transversal + Muro longitudinal.
- Modelo **5**: Muro transversal + Muro longitudinal + Transporte de sedimentos.

A excepción del último modelo, donde se modifica la geometría para crear la pendiente de la playa, en el resto de modelos se realiza la simulación con la geometría original del cauce. A continuación se explica la entrada de datos para cada modelo:

- **Datos geométricos**

Es necesario introducir una serie de secciones transversales del río a lo largo del tramo de estudio. Para introducir dicha geometría se ha procedido de la siguiente forma:

- Geometría a partir de un Modelo Digital Terrestre del río Miño.
- Elevación y curvas de nivel de la geometría a partir del programa Global Mapper.
- Exportar los datos conseguidos en el Global Mapper al Autocad Civil3d.
- Alineación y secciones realizadas en el Autocad Civil y exportadas directamente a HEC-RAS.

Se puede ver la situación de las secciones en el APÉNDICE 1 Situación Secciones - Plano Situación Secciones HEC-RAS.

Como ya adelantamos, en el último modelo la parte izquierda del río no tendrá la geometría inicial, ya que se simulara dicho modelo con una pendiente del 5% a partir del muro longitudinal hasta el extremo izquierdo, con intención de simular la playa fluvial que se pretende conseguir.

- **Delimitación del Cauce**

La delimitación del cauce separa el canal del río y las llanuras de inundación. Esta delimitación se ha realizado en función de lo observado en las visitas de campo. Esta información se ha contrastado con diferentes visores.

Una correcta definición del cauce es fundamental, puesto que se aplicarán diferentes valores del coeficiente de Manning en el cauce y en las llanuras de inundación. Modificándose de esta forma las características del flujo en función de su transcurso por el cauce o por zonas inundadas.

- **Coeficiente de Manning**

El coeficiente de rugosidad de Manning estima la resistencia al flujo, y su valor depende de las características del terreno por el que circula el fluido.

Para estimar los valores de dicho coeficiente se han utilizado los recomendados por **Ven Te Chow** en su libro “Hidráulica de canales abiertos”.

Distinguiéndose de esta forma dos coeficientes diferentes:

- Cauce principal: 0.025
- Llanuras de inundación: 0.03

De esta forma cuando simulemos con un caudal que inunde el entorno del canal, el programa directamente lo tendrá en cuenta a la hora de dar los resultados.

La siguiente tabla muestra los diferentes coeficientes de Manning recomendados por Ven Te Chow, de la cual hemos sacado los datos utilizados.

Coeficientes de rugosidad de Manning	
Tipo de canal	Coeficiente (n)
I. Conductos parcialmente llenos	
Acero	0,012
Fundición	0,014
Vidrio	0,010
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón	0,013
Cerámico	0,014
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
II.- Canales abiertos revestidos o acueductos	
Metal	0,013
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón acabado a llana	0,013
Hormigón acabado en bruto	0,017
Gunita	0,022
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
III.- Canales excavados	
Tierra canal recto	0,022
Grava canal recto	0,025
Tierra canal con curvas	0,025
Tierra canal con curvas y vegetación	0,030
Tierra canal con curvas y mucha vegetación	0,035
Excavación en roca	0,035
	0,040
IV.- Cauces naturales	
Ríos de meseta rectos y sin ollas	0,030
Ríos de meseta con curvas, piedras y vegetación	0,040
Anterior con ollas y maleza	0,070
Ríos de montaña	0,040
V.- Cauces naturales en avenidas	
Inundaciones en pastizales	0,030
Sobre sembrados no nacidos	0,030
Sobre sembrados nacido	0,040
Sobre monte bajo	0,060
Sobre bosques	0,070



- **Condiciones de Contorno**

El tramo de río en estudio se trata de un tramo intermedio del curso de agua.

Por este motivo se ha decidido imponer como condición de contorno aguas arriba el calado normal, en función de la pendiente del tramo.

Al final del tramo considerado, el río pasa por encima del azud natural con condiciones hidráulicas más favorables. Por este motivo se ha considerado como condición de contorno aguas abajo el vertido libre.

- **Caudales de Cálculo**

Los caudales de avenida para diferentes períodos de retorno ya se han calculado en el documento 04. Estudio Hidrológico de la Memoria Justificativa, en el que se ha realizado un completo estudio hidrológico.

En este estudio se han calculado los caudales para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años

No obstante, no se ha modelado el comportamiento para los periodos de retorno de 200 y 500 años al considerarse excesiva la relación protección necesaria/riesgo para el problema planteado.

Por lo tanto dependiendo del tipo del modelo simularemos combinaciones de los siguientes caudales expuestos en el Estudio Hidrológico de la Memoria justificativa:

- Caudal mínimo medio diario. CmMD.
- Caudal medio diario. CMD.
- Caudal máximo medio diario. CMMD.
- Caudal máximo histórico. CMH.
- Caudales en función de los distintos períodos de retorno. Como indicamos no se ha modelado para períodos de retorno de 200 ni de 500 años, con lo que el período de retorno usado en este apartado será el de 100 años que restringe a los de menos años. T100.

3. Modelización

Se han realizado diferentes modelos hidráulicos, para la evaluación de cada una de las variantes propuestas.

A continuación se analizan los resultados obtenidos en cada una de ellas. También se analizan los resultados obtenidos en la situación inicial, para comparar el comportamiento del río previo a las actuaciones y posteriores a las mismas.

Los resultados obtenidos para cada modelización en HEC-RAS se pueden consultar en los Apéndices adjuntos a este documento.

3.1. Situación actual o estado original.

Corresponde a los resultados aportados por el Modelo 1.

Nos servirá para evaluar la problemática actual y como referencia para comparar la efectividad de las diferentes actuaciones posteriores.

Es el modelo que se ha utilizado en el Anejo del Estudio de Alternativas para comparar entre ellas. Por lo tanto ya tenemos referencias de que la zona trabaja hidráulicamente de la forma que nos interesa para la actuación.

3.2. Muro transversal. (Azud actual).

Corresponde a los resultados aportados por el Modelo 2.

Como ya indicamos con anterioridad en otros Anejos, la zona de estudio contiene un azud formado por cantos de piedra natural situado aguas debajo de la actuación.

La geometría del terreno del cauce utilizada no contiene la existencia de este azud, por lo tanto este modelo trata de representar dicho azud. La solución para esta representación es la creación de un muro transversal al cauce, es decir perpendicular a la dirección principal del flujo con una cota máxima de 352 metros. Usaremos este muro como límite del banco de sedimentos, por lo tanto se

sitúa en la sección 240 donde se encuentra en la actualidad, cerrando de esta forma el final de nuestra playa.

Como se puede apreciar en los resultados de este modelo presentado en su correspondiente Anejo, la lámina de agua para un mismo caudal sube con respecto al estado original, proporcionando de esta forma un mayor calado y un remanso aguas arriba al muro. Por lo tanto impide el transporte de sedimentos en dirección del flujo en la zona de la playa.

3.3. Muro transversal + Muro longitudinal

Corresponde a los resultados aportados por el Modelo 3.

A parte de la representación del azud existente (muro transversal) se realiza la construcción de un muro longitudinal. Este muro parte del margen izquierdo aguas arriba de la zona de la playa, con una alineación recta hasta finalizar contra el muro transversal. De esta forma se crea una zona protegida, delimitada por el margen izquierdo, el muro longitudinal y el muro transversal. Aprovechando la geometría que nos ofrece el cauce en todo momento.

Esta zona protegida, se destinará para la creación de la playa, de esta forma impedimos que el árido colocado se erosione y se transporte tanto en la dirección del flujo como perpendicular a él.

Como se puede observar en los resultados adjuntos en su respectivo Anejo, a medida que el muro longitudinal del se separa del margen, también reduce su altura. De esta forma llega un punto en el que la lámina de agua se introduce en el banco de sedimentos formando la playa.

Por lo tanto en los resultados obtenidos se muestra como en las secciones aguas arriba el muro obstruye el paso del agua, en cambio aguas abajo permite un calado de un metro en el límite de los dos muros para un caudal mínimo medio diario. Para un caudal máximo se comporta de forma parecida dejando un calado más alto aguas abajo.

3.3. Muro transversal + Muro longitudinal + Transporte de sedimentos

Corresponde a los resultados aportados por el Modelo 4.

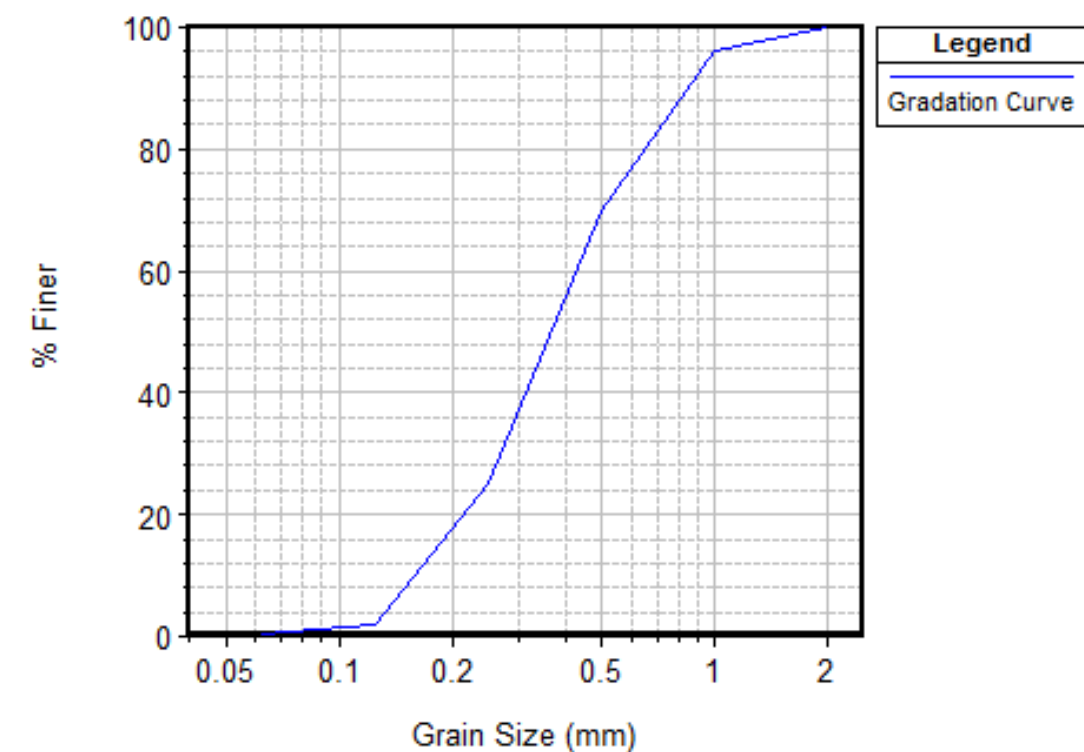
Un modelo de sedimentos en el programa HEC-RAS requiere un archivo geométrico, un archivo de sedimentos, un archivo de flujo casi no permanente y un plan de análisis de sedimentos.

- **Archivo geométrico**

Como ya adelantamos, el archivo geométrico se va a modificar para este modelo con referencia a los anteriores. Esto se debe a la representación del banco de sedimentos en el borde izquierdo, comprendido entre ambos muros. Por lo tanto la geometría se modifica de forma que a partir de la cota más alta del muro longitudinal se crea una pendiente del 5% hasta el margen izquierdo en las secciones aguas abajo, en las secciones arriba la pendiente es todavía menor.

- **Archivo de Sedimentos**

Lo primero es crear una curva granulométrica promedio, para las secciones de la playa, con la arena que se va a colocar finalmente. Utilizamos una arena con la siguiente curva granulométrica:





Para la función del transporte de sedimentos seleccionamos el método de Meyer-Peter Muller y para la velocidad de caída del árido utilizamos la de Toffaleti.

De erosión máxima en cada punto ingresamos 60 centímetros, ya que es la cota de árido que colocamos, por debajo de este árido se considera terreno consolidado.

- **Archivo de flujo casi no permanente**

A la hora de completar los datos del flujo casi no permanente, definimos los cambios de duración para las series de flujo, su incremento de cálculo y el caudal correspondiente.

La intención es conocer el transporte de sedimentos que se produce al cabo de un año, para de esta forma saber si es necesaria la regeneración del árido o bien la limpieza o barrido de alguna zona de la playa donde se acumule el propio sedimento.

Por lo tanto simularemos 92 series de flujo con una duración de 96 horas y un incremento de cálculo de 0.025. De esta forma obtenemos una simulación de 8832 horas mientras que las horas que tiene un año suman 8760 horas.

A cada serie de flujo le corresponderá un caudal, los caudales utilizados serán los máximos caudales semanales registrados en un año natural. Esta información se adquiere de los registros de la estación de aforos situadas aguas arriba, de la cual se habla en el Anejo Hidrológico.

En cuanto a la temperatura del río se supone 15°C ya que es la temperatura media anual que registra dicha estación.

- **Plan de análisis de sedimentos**

El plan con el que simularemos este proyecto será correspondiente a un año con un número de cuatro iteraciones por paso del programa. Definimos la masa como unidad de magnitud para el transporte de sedimentos.

- **Resultados del transporte de sedimentos**

River Station	Invert Change (m)	Mass Out: All (tons)	Mass In: All (tons)
440	0.2199879	4.69E-06	5.56E-02
420	4.24E-04	0	4.69E-06
400	0	0	0
380	0	0	0
360	0	0	0
340	0	0	0
320	0	0	0
300	0	0	0
280	0	0	0
240	0	0	0

El resultado obtenido por el programa HEC-RAS del plan descrito anteriormente es el óptimo. Pues no hay movimiento de sedimentos como podemos observar en la tabla adjunta del programa. En dicha tabla tan solo aparecen las secciones que forman parte del tramo de playa, ya que son las únicas que nos preocupan.

Como se puede apreciar tan solo se produce una pequeña sedimentación en la primera parte de la playa, de todas formas de valores despreciables. Por lo tanto el banco sedimentos funciona a la perfección y no es necesaria una cierta regeneración de áridos anual.

En tal caso si serían necesarias labores de limpieza o barrido para evitar posibles alteraciones de la nueva geometría impuesta.



APÉNDICE 1:



Situación Secciones:

Plano Situación Secciones HEC-RAS



SECCIONES

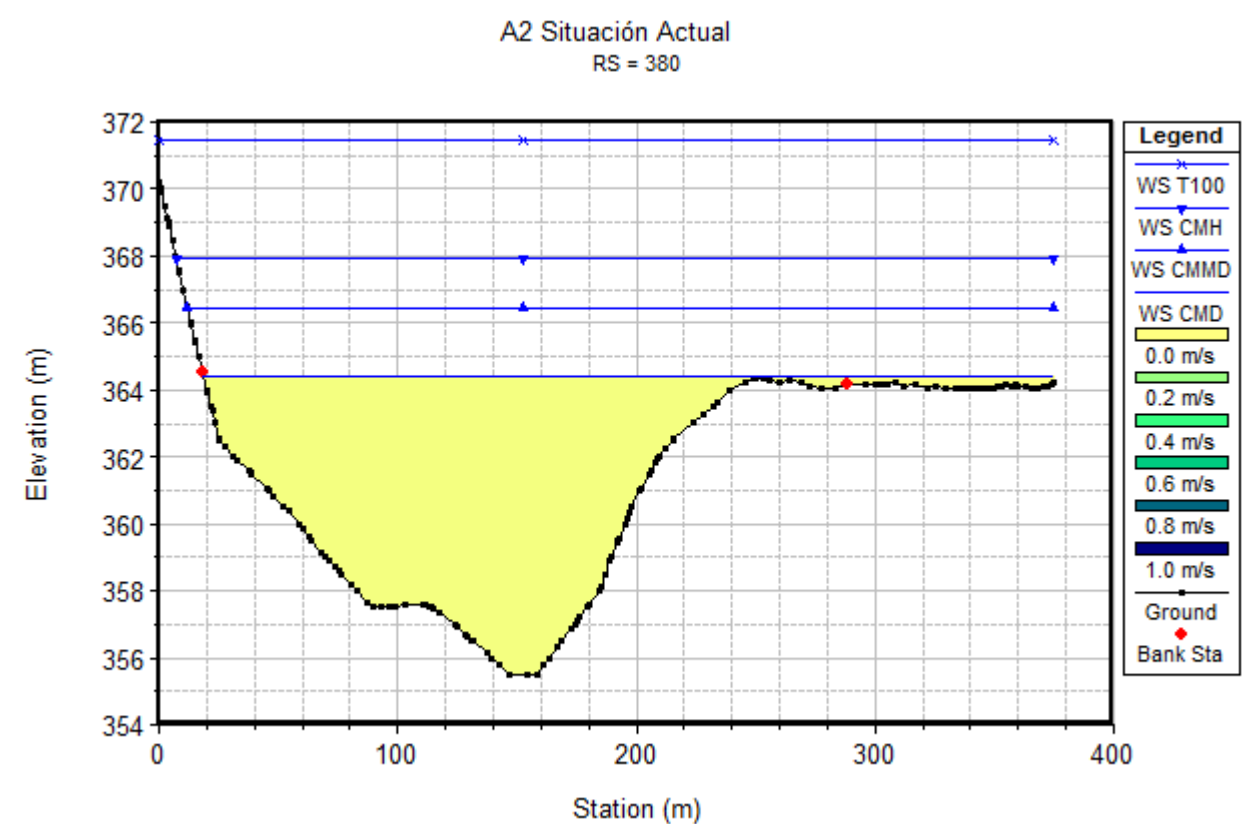
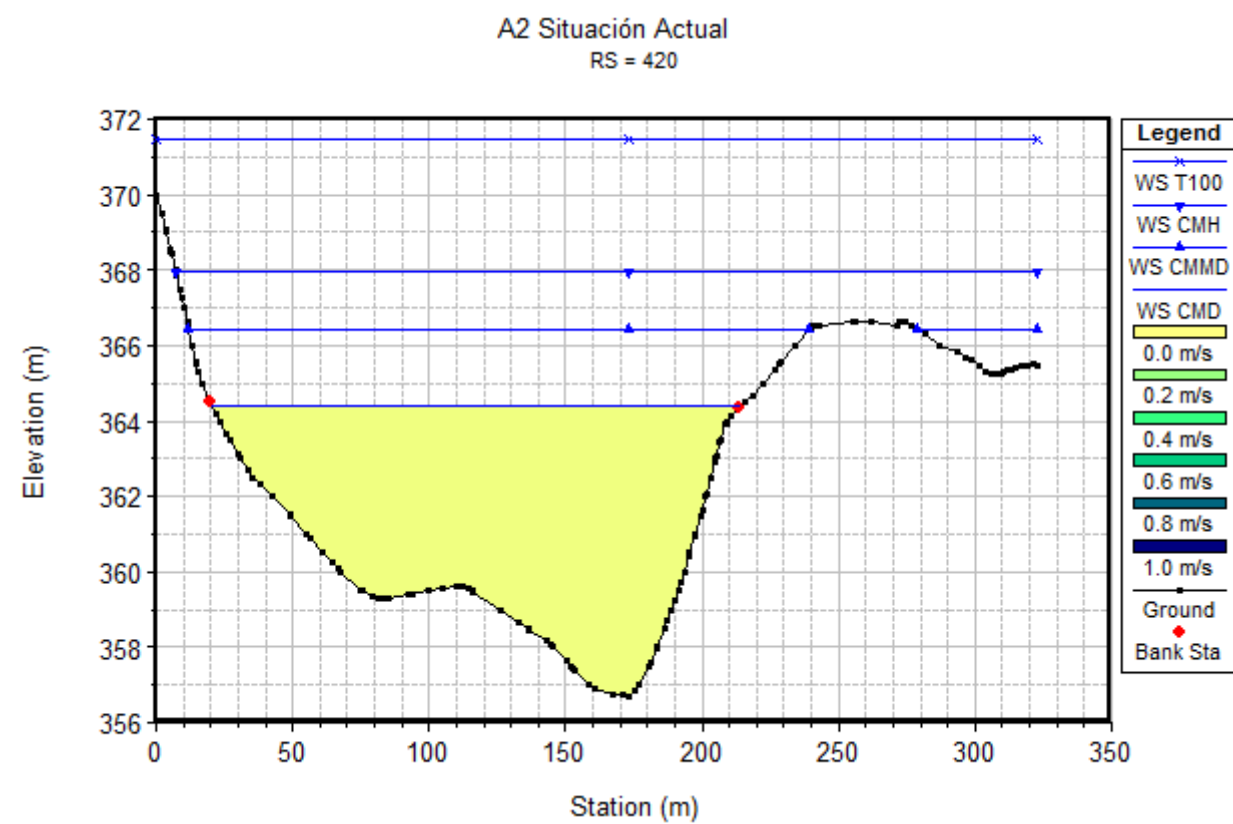
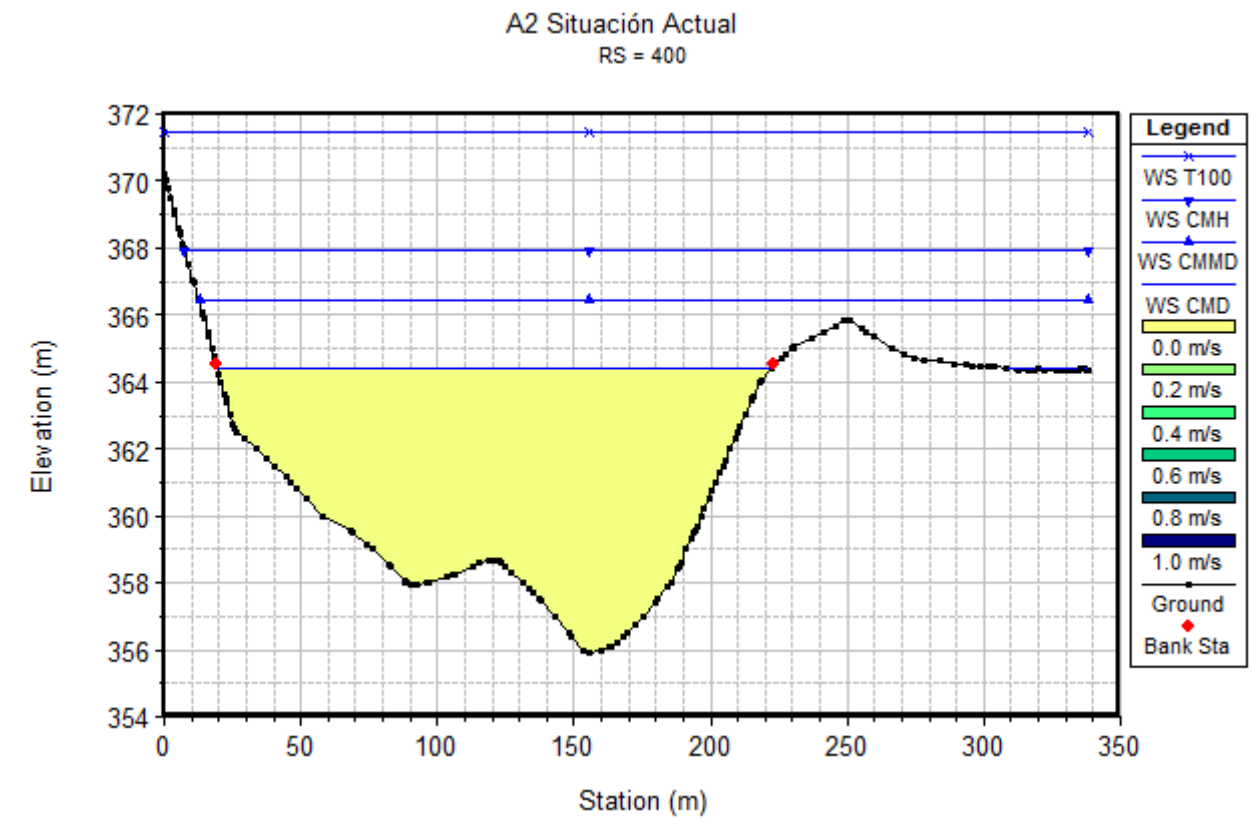
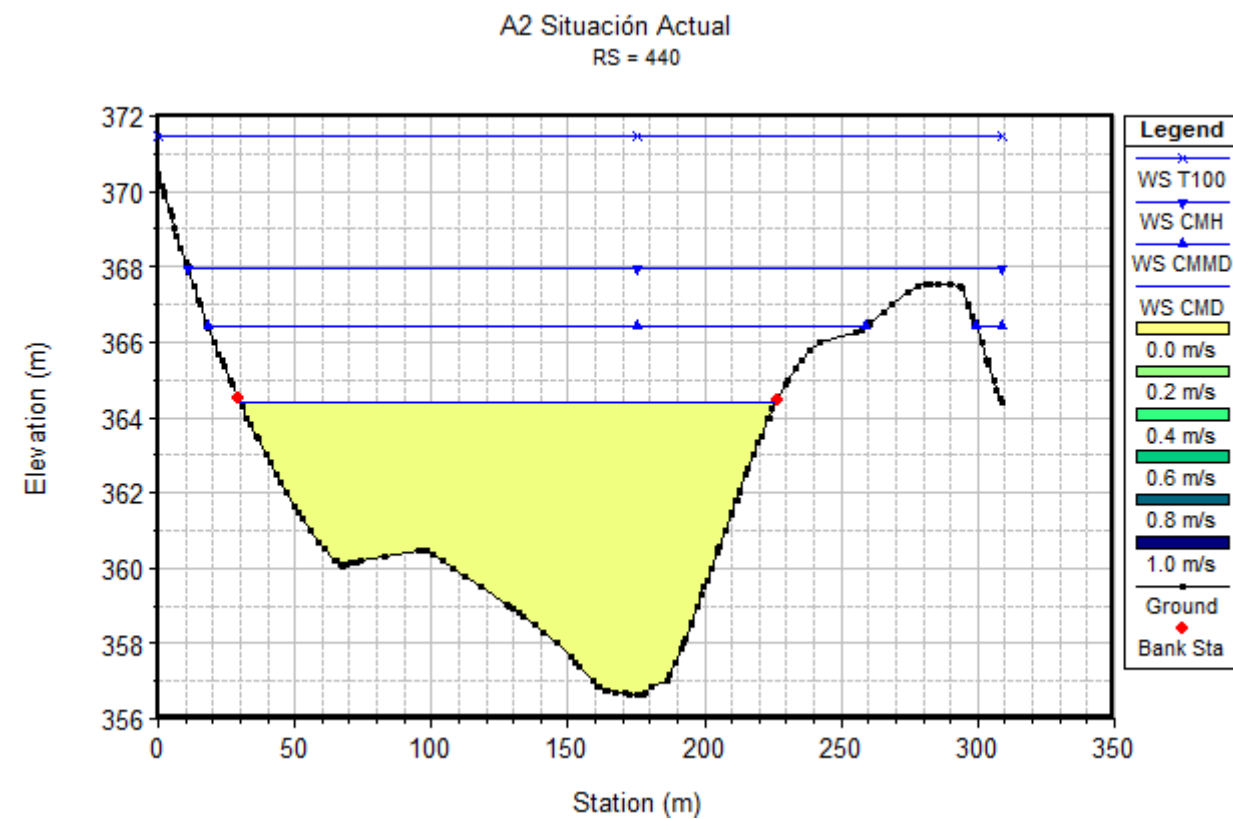
SECCIONES DE LA PLAYA:
[240,440]

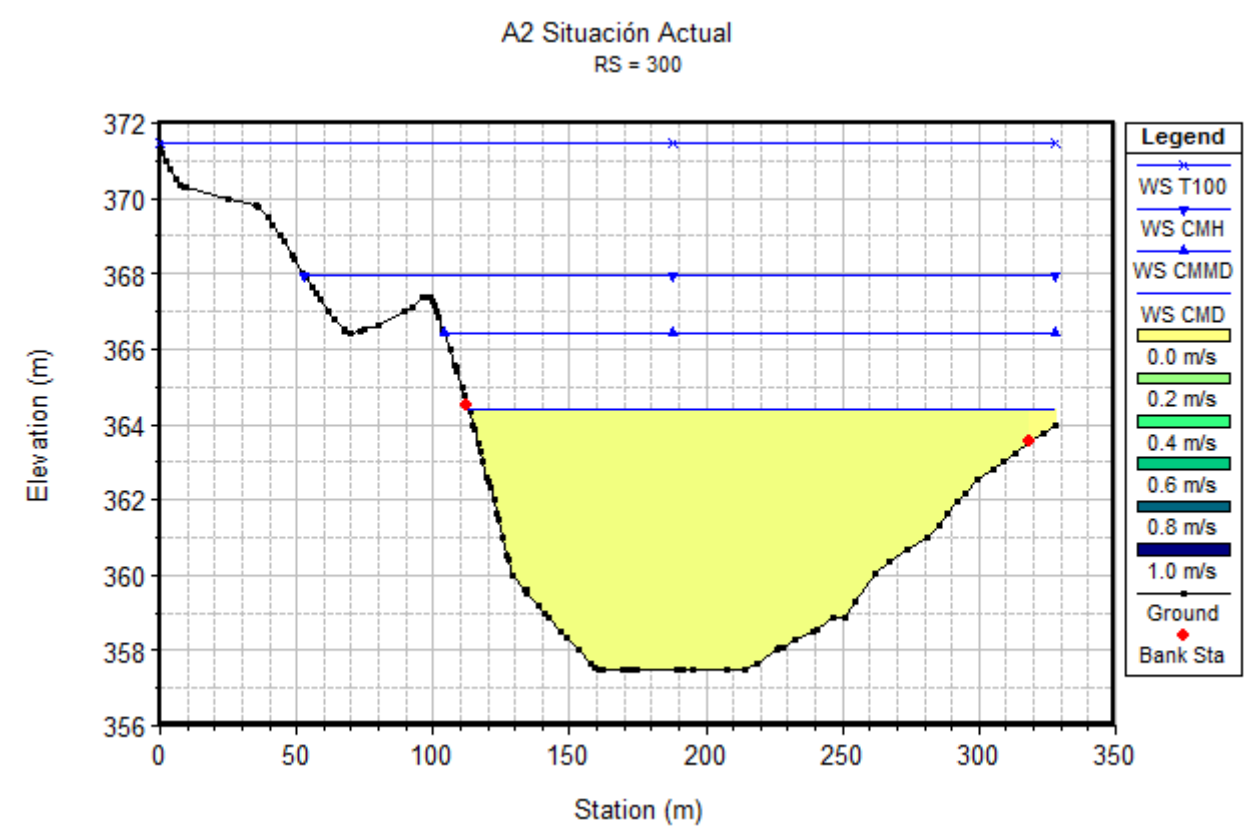
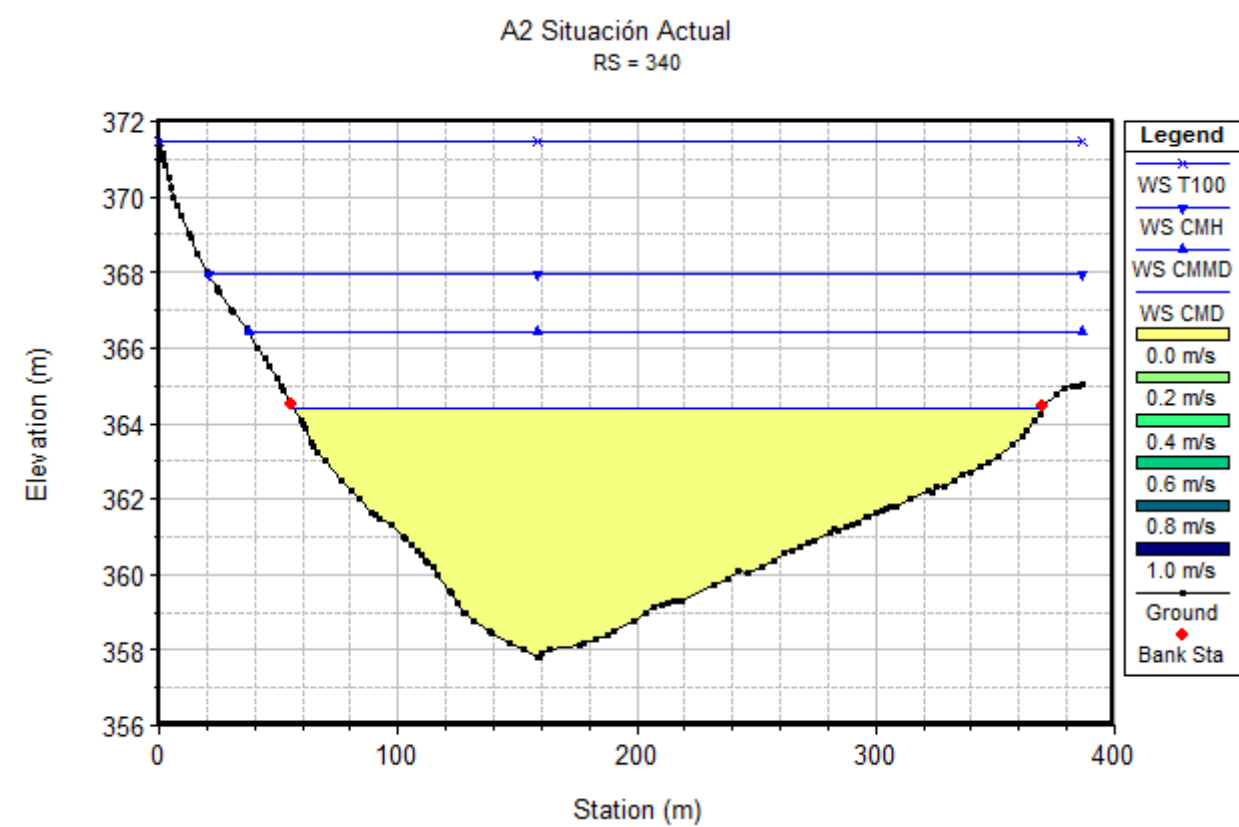
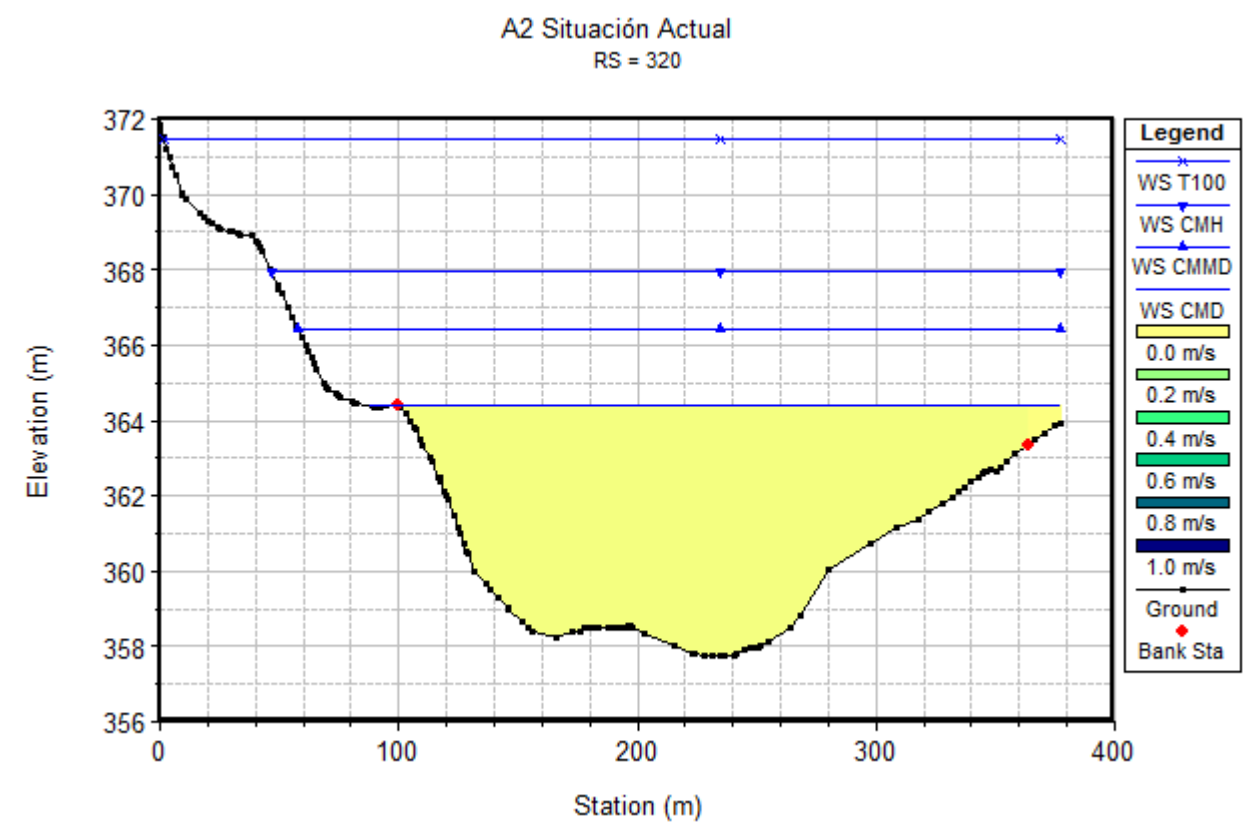
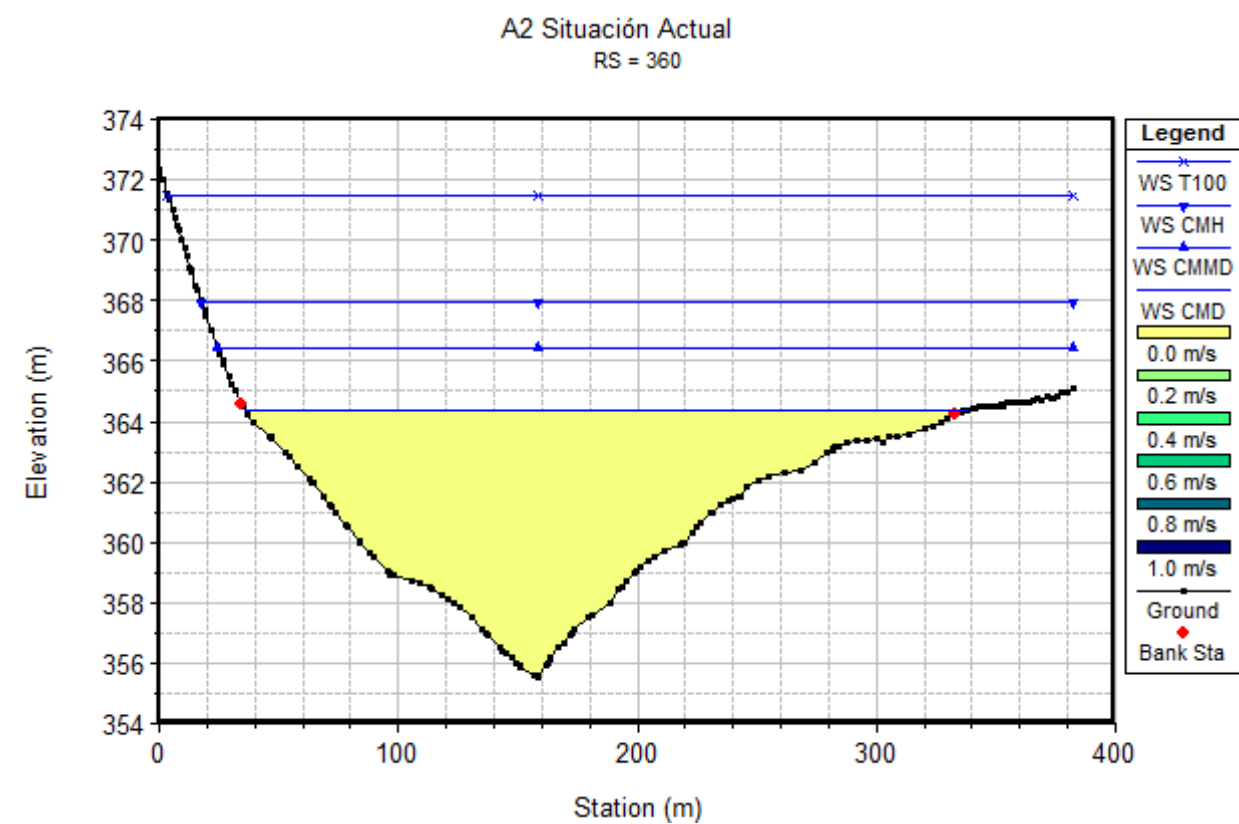
	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Situación Secciones A2	Escala: 1:3.000	Nº de plano: Plano 2	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 1 de 1	

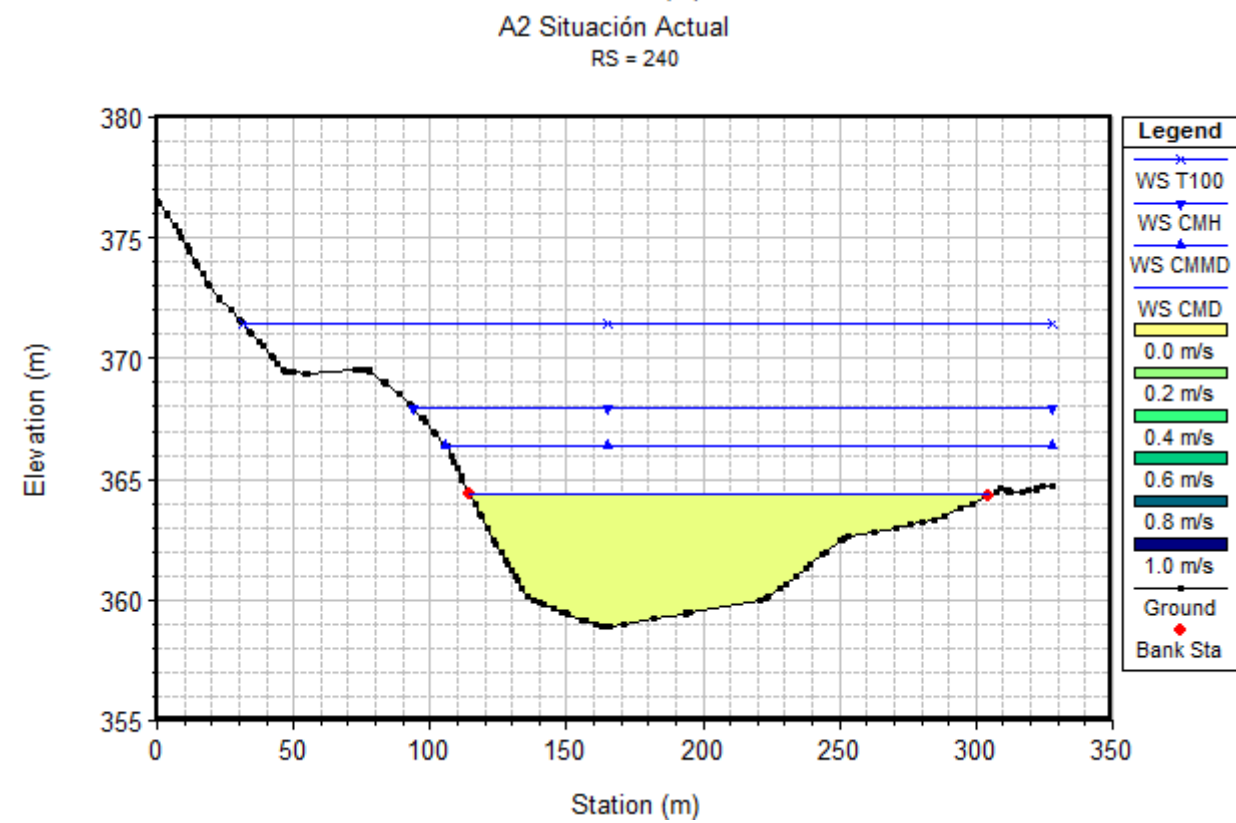
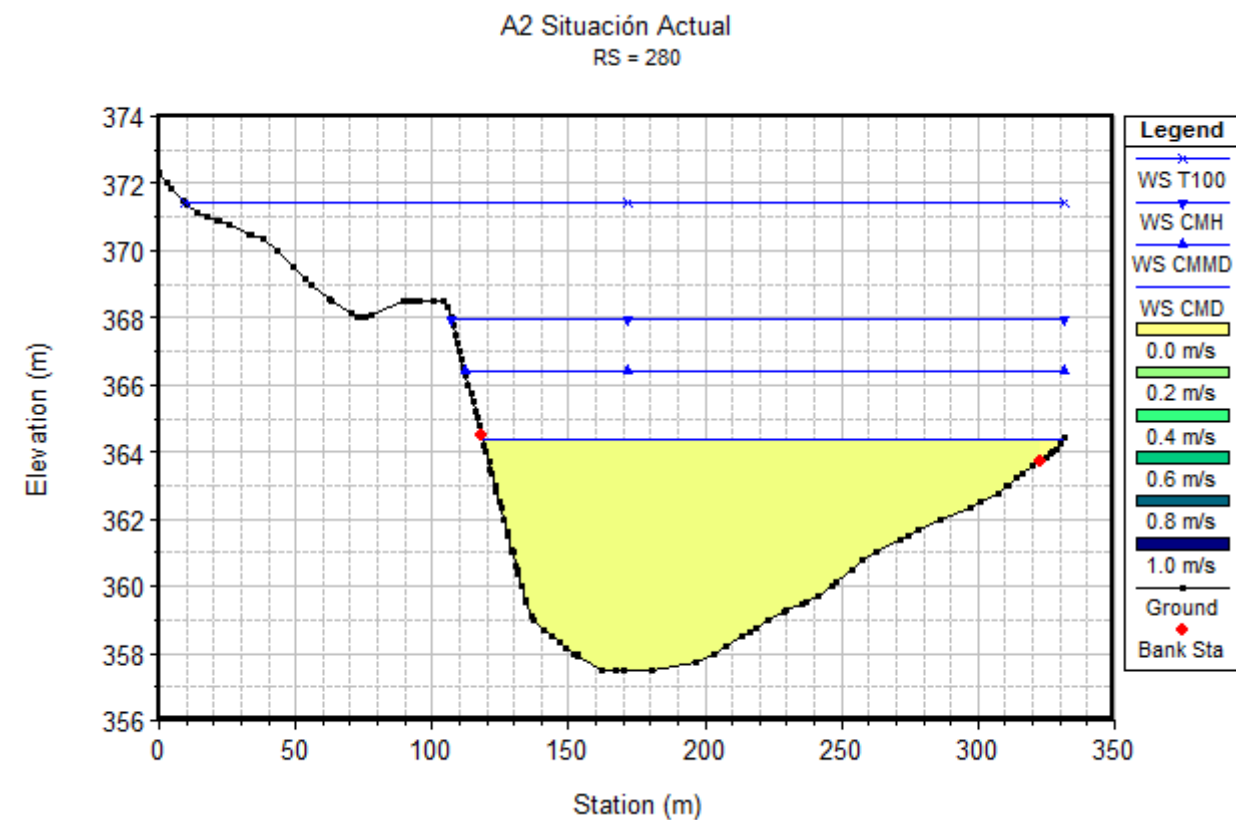


APÉNDICE 2

MODELO HEC RAS 1: SITUACIÓN ACTUAL



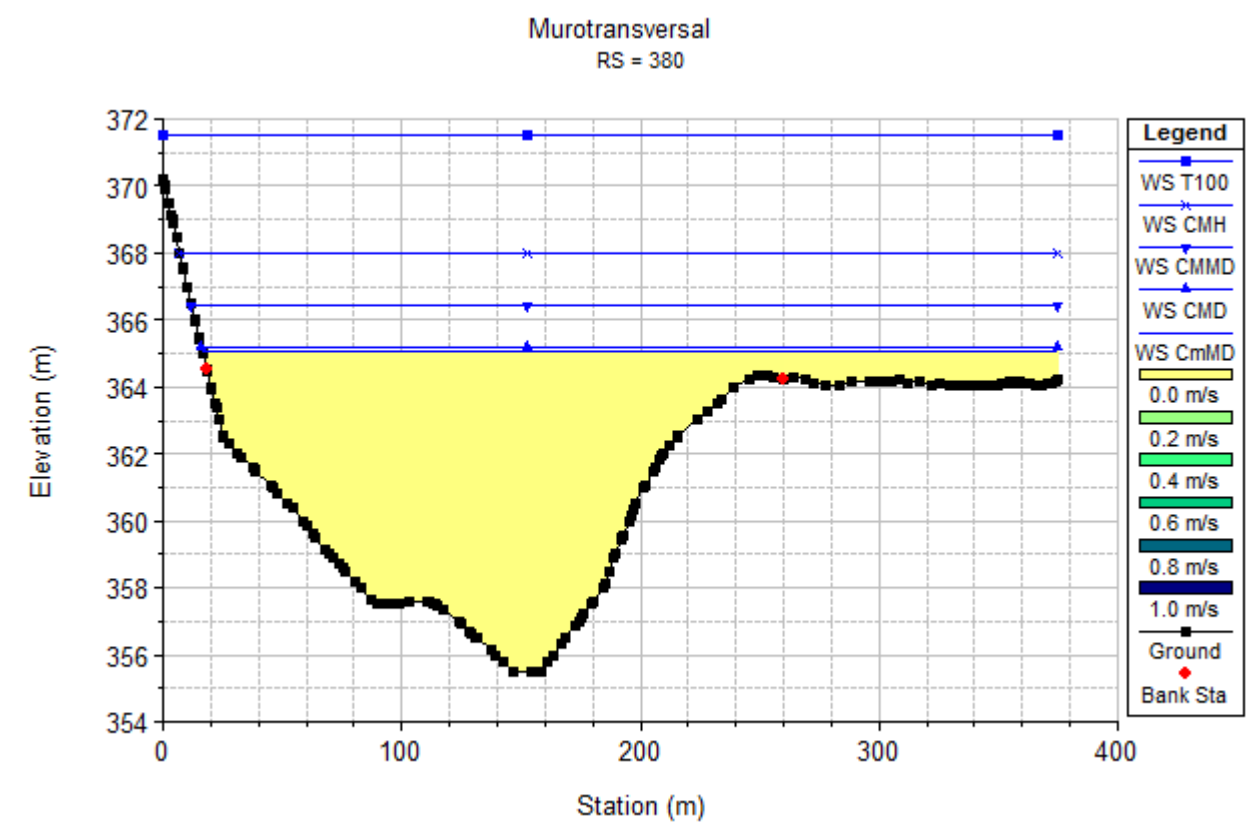
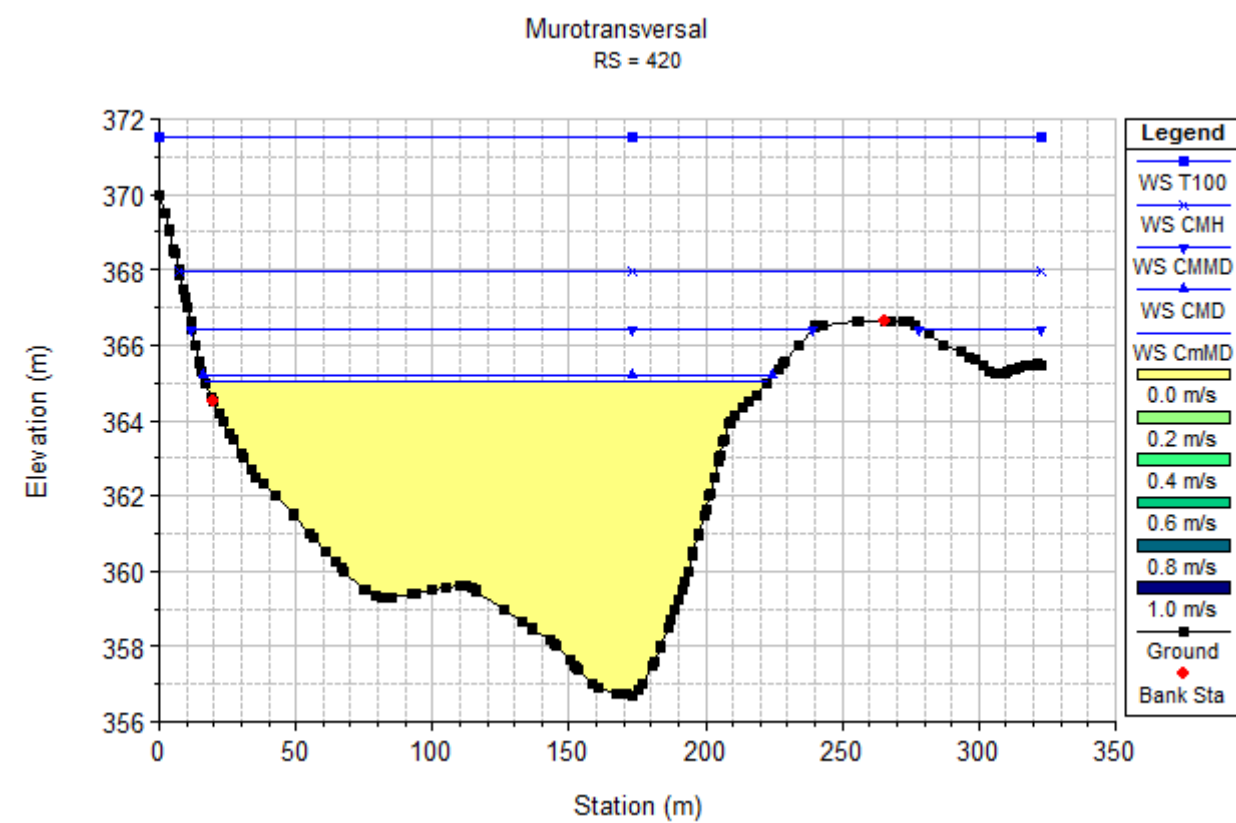
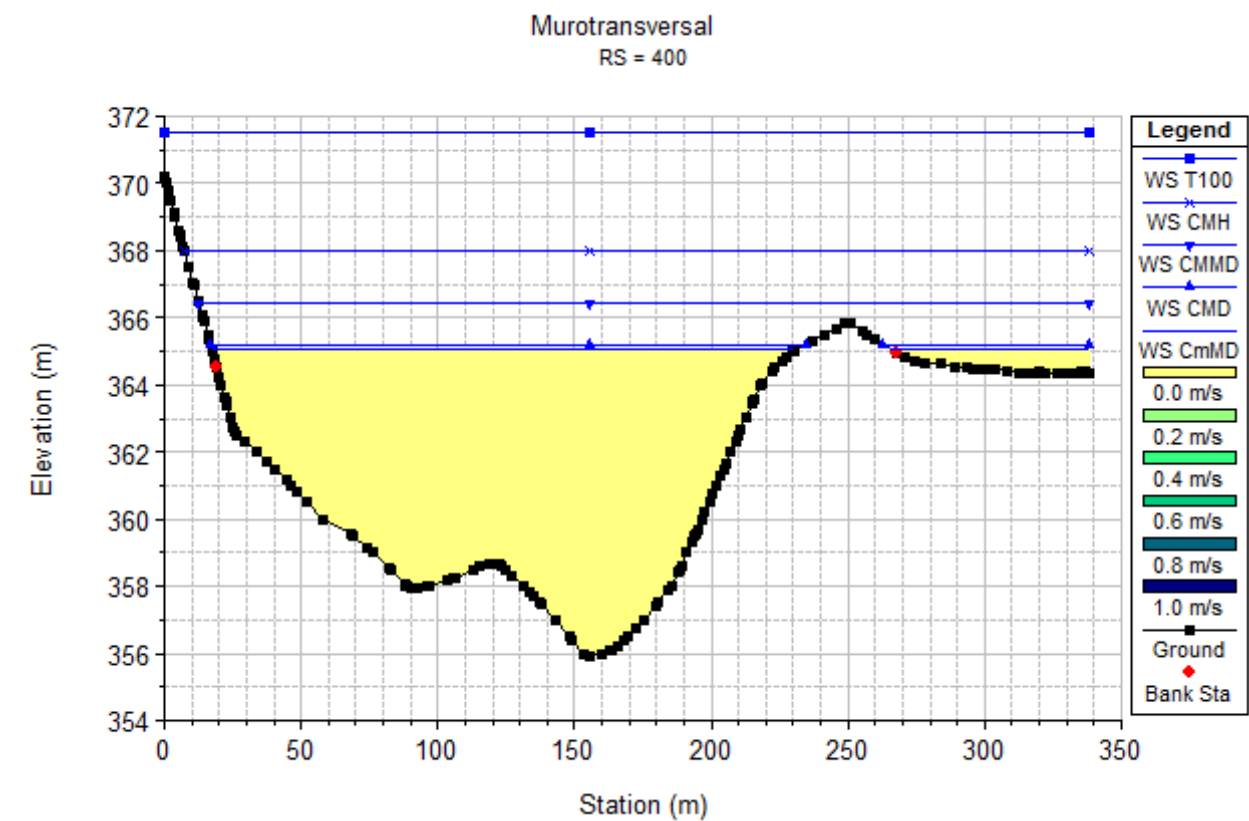
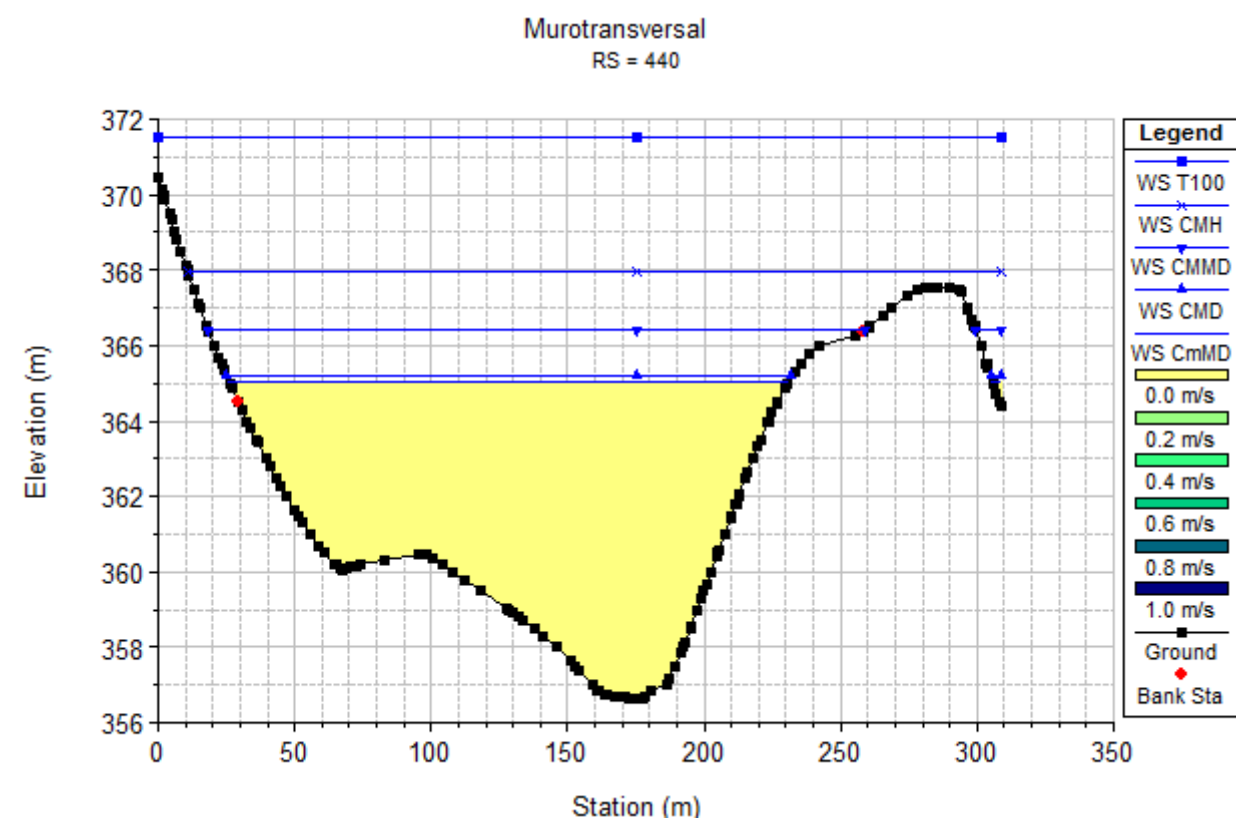


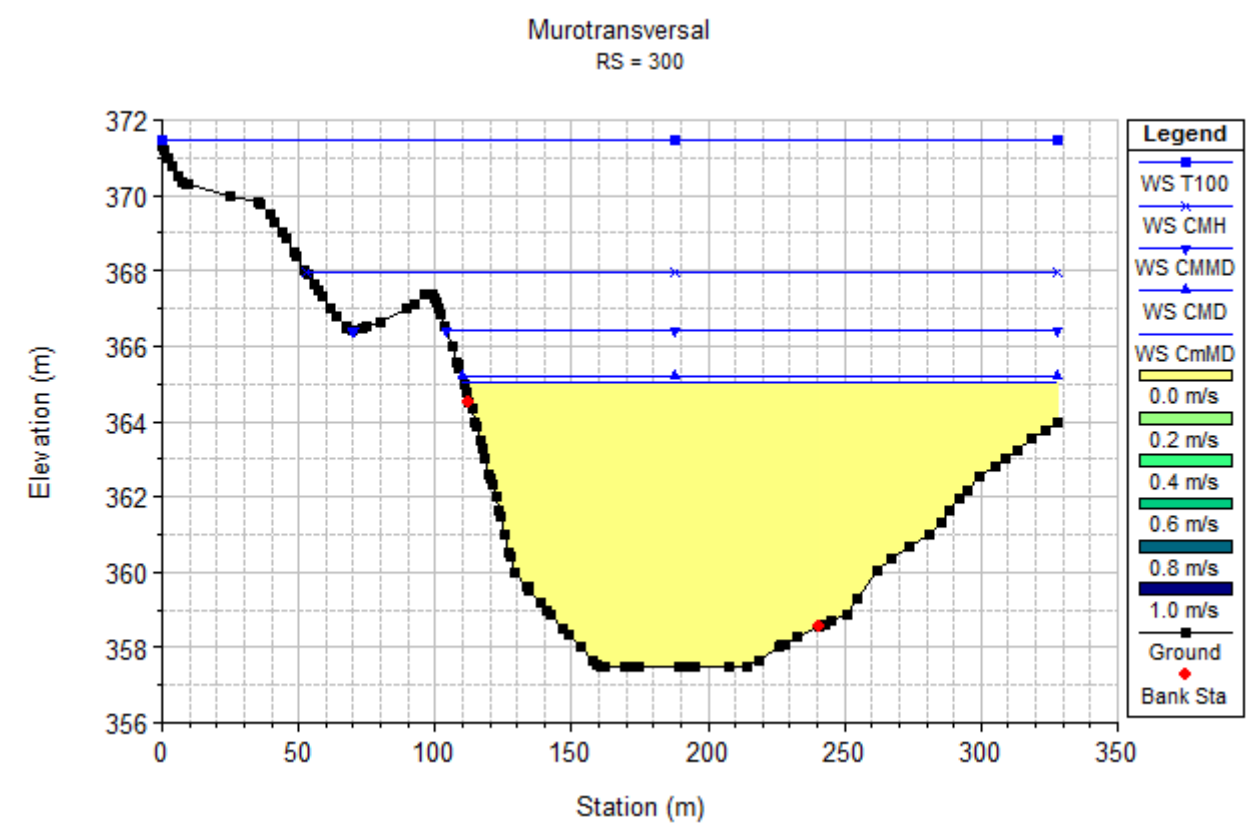
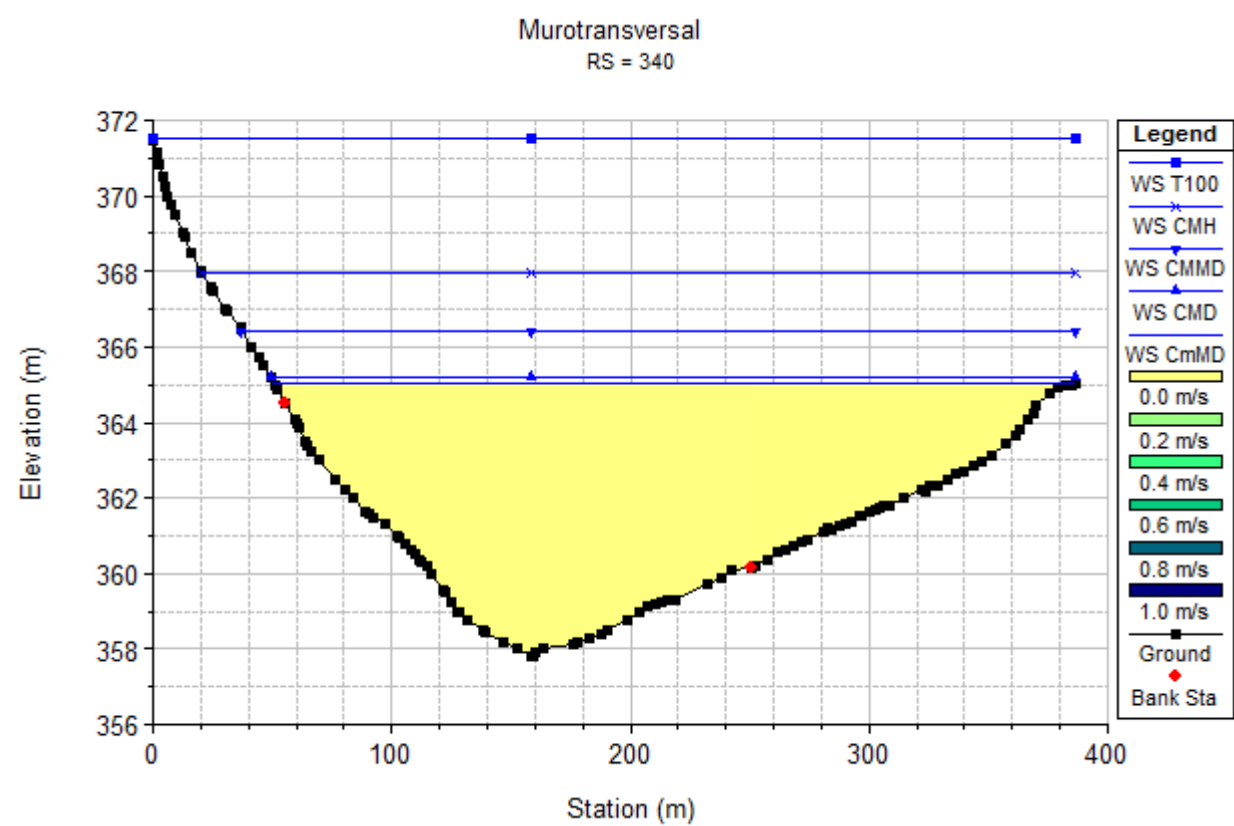
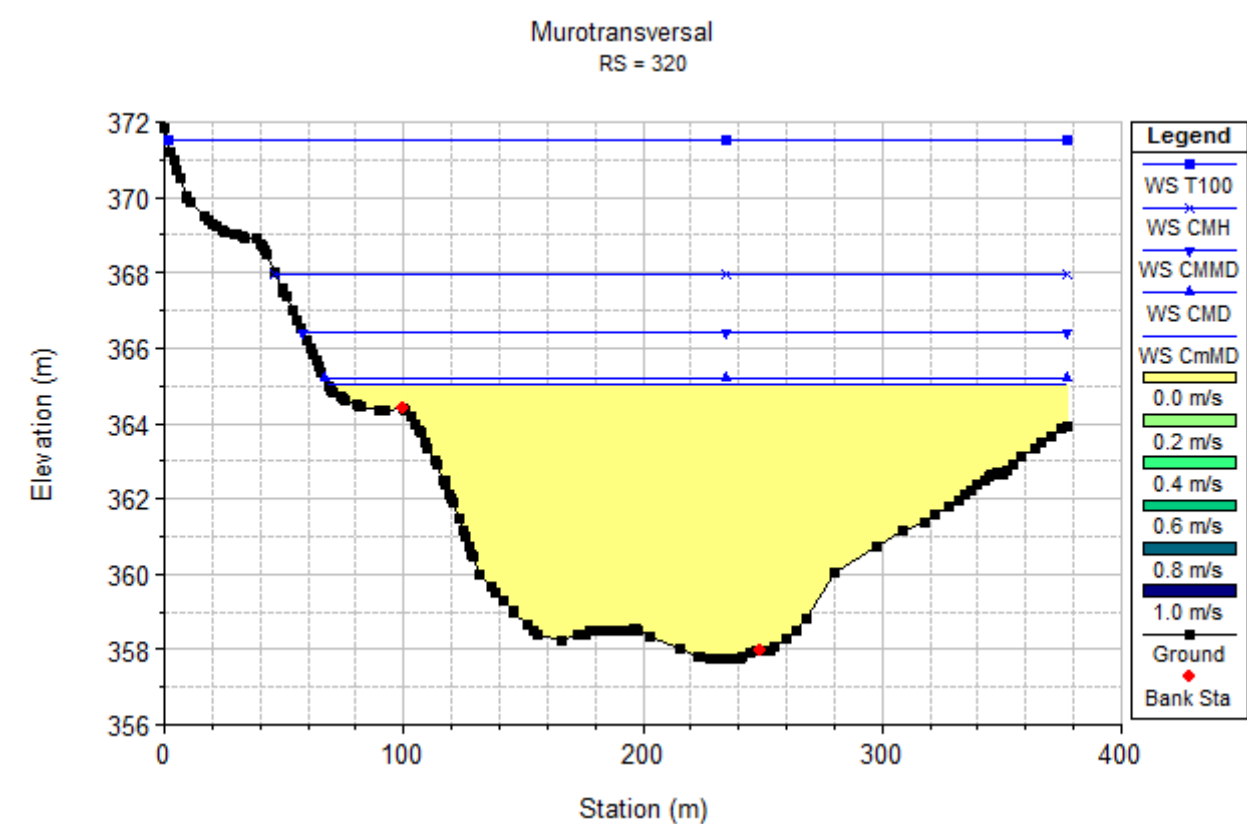
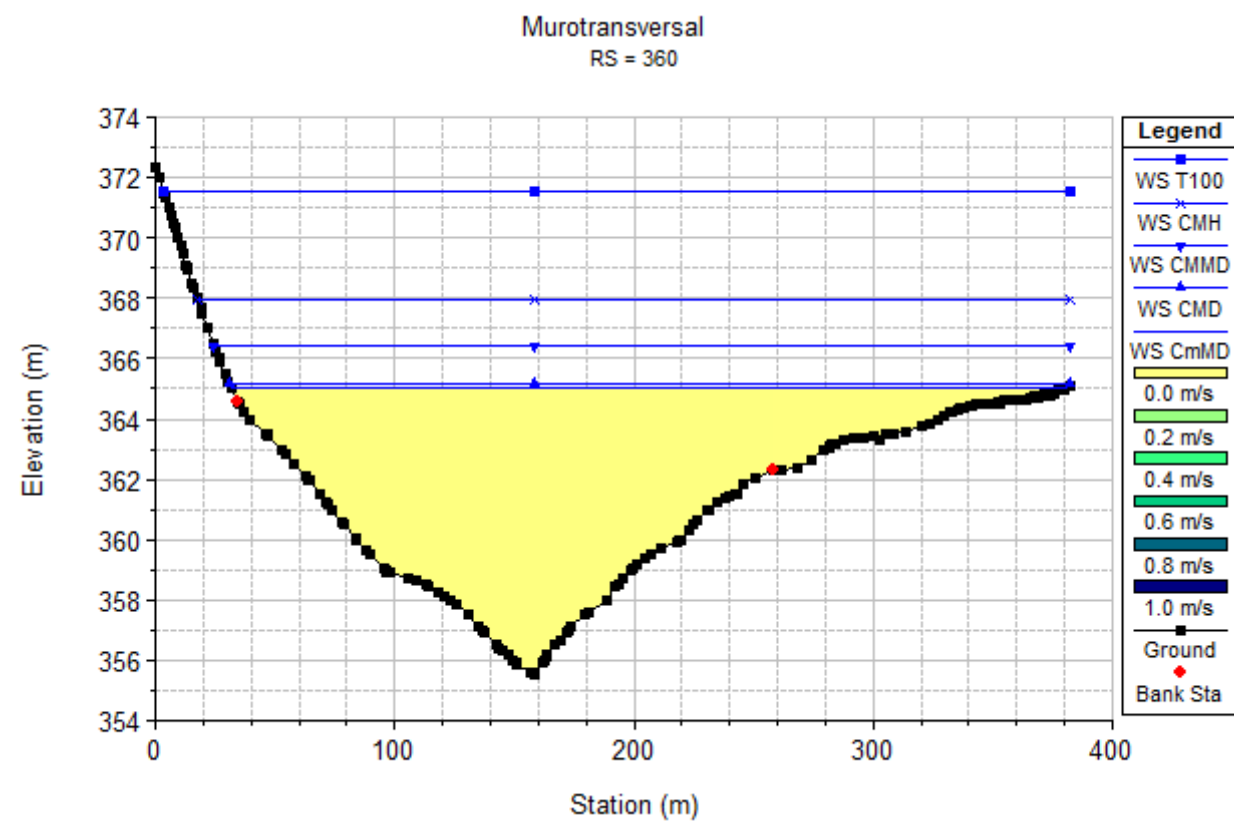


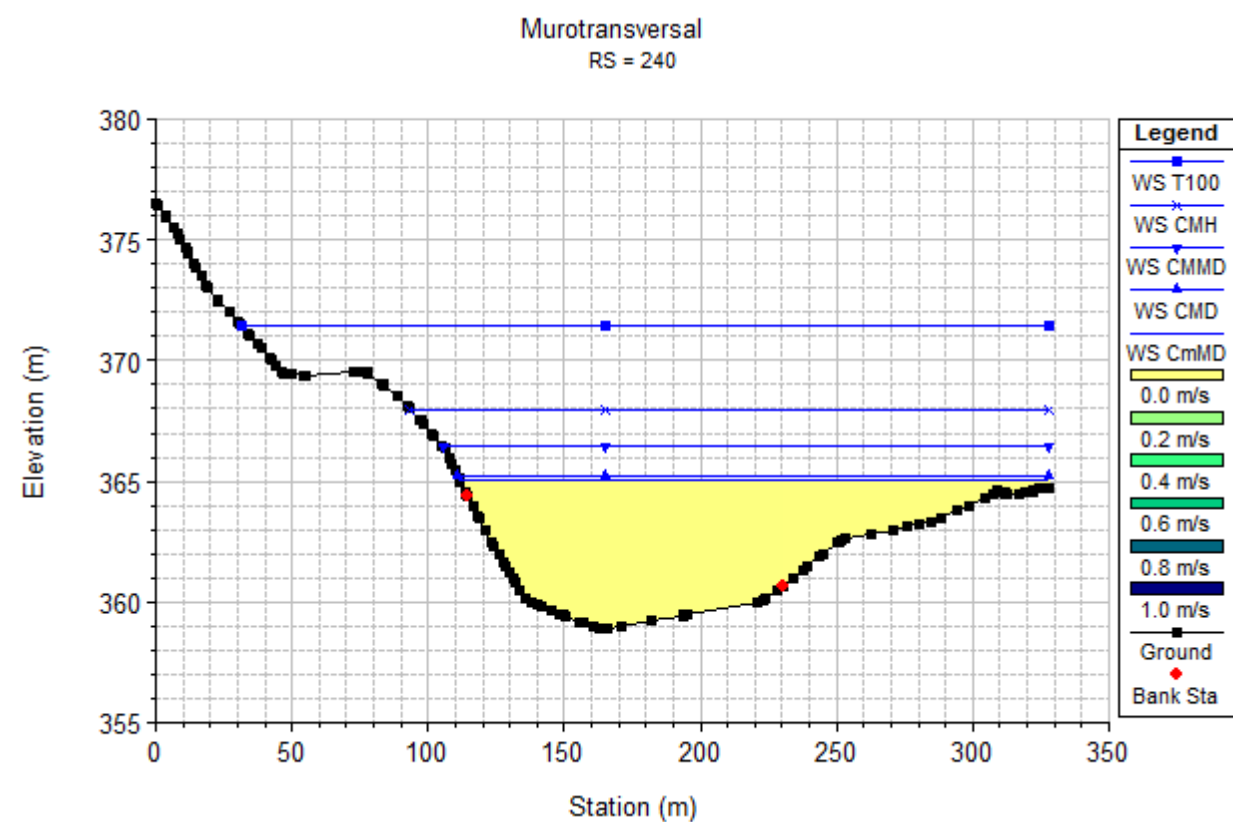
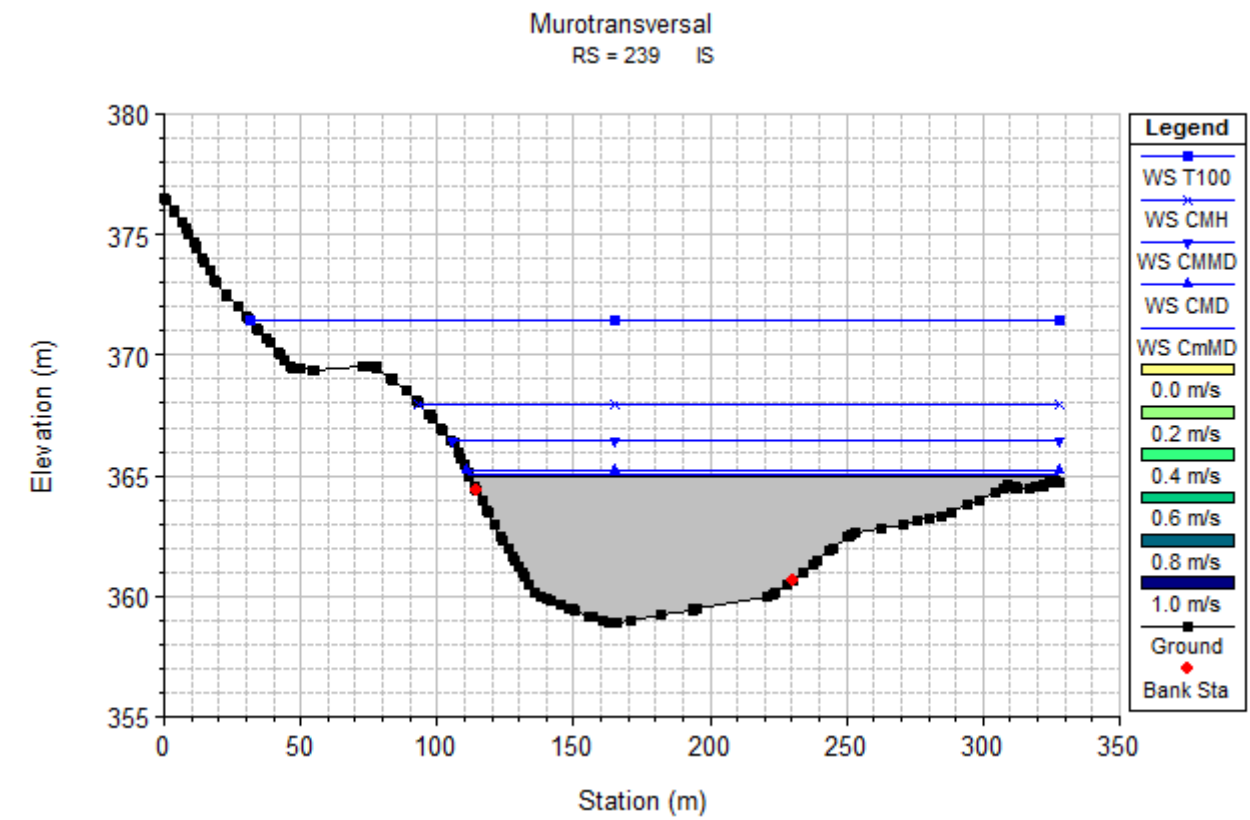
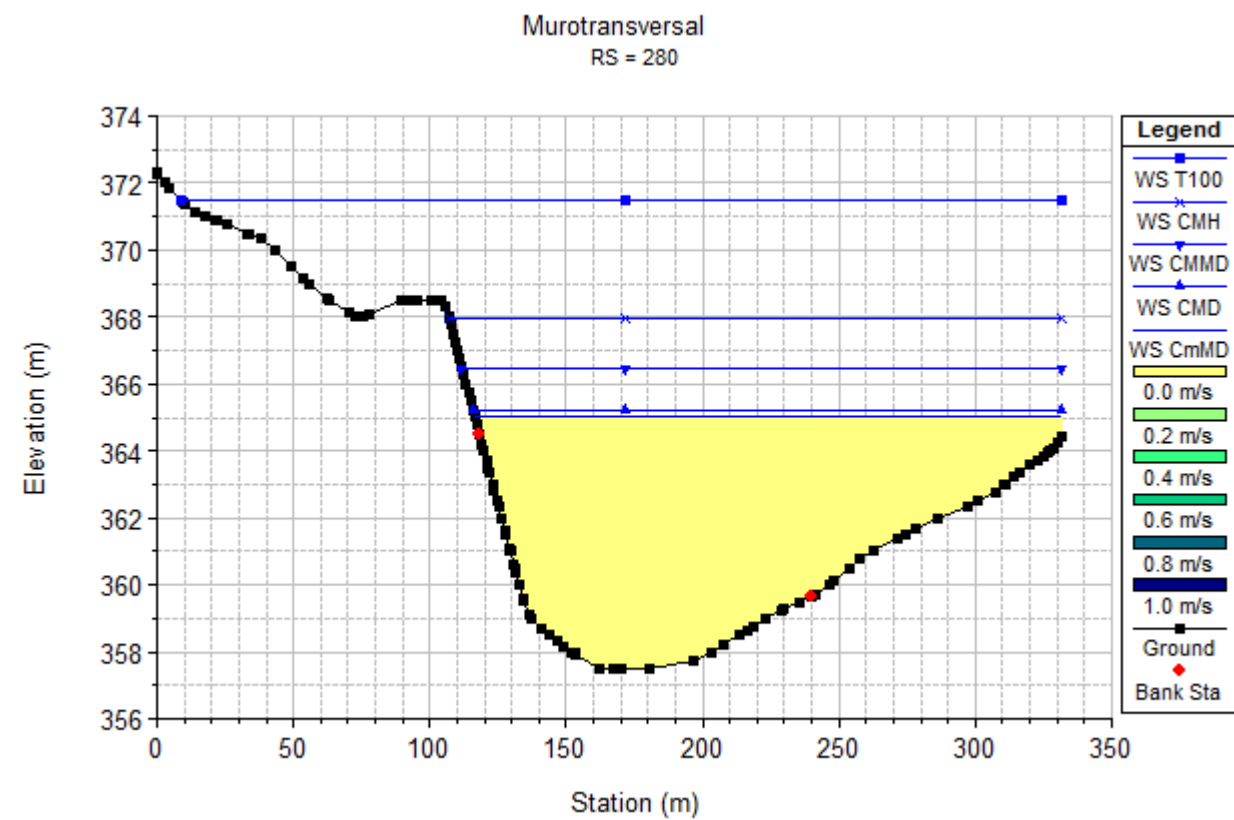


APÉNDICE 3

MODELO HEC RAS 2: MURO TRANSVERSAL



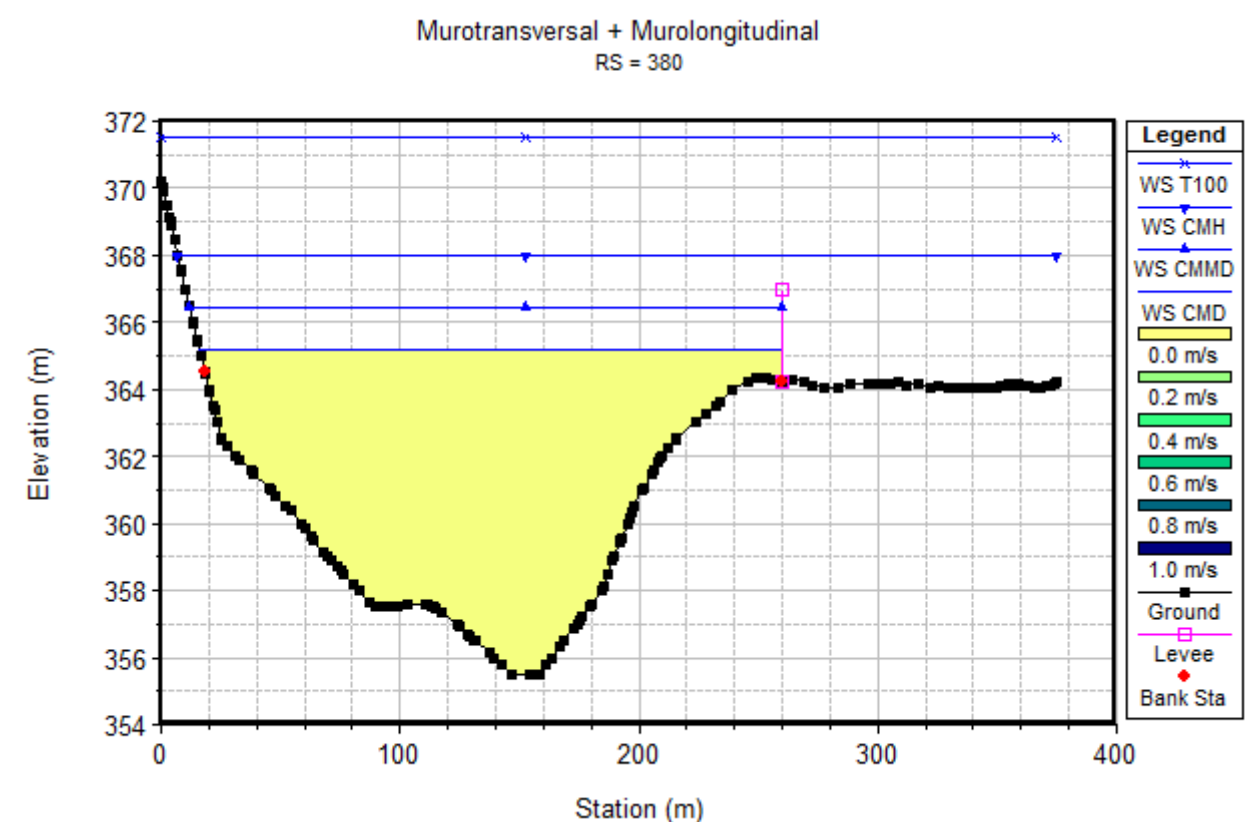
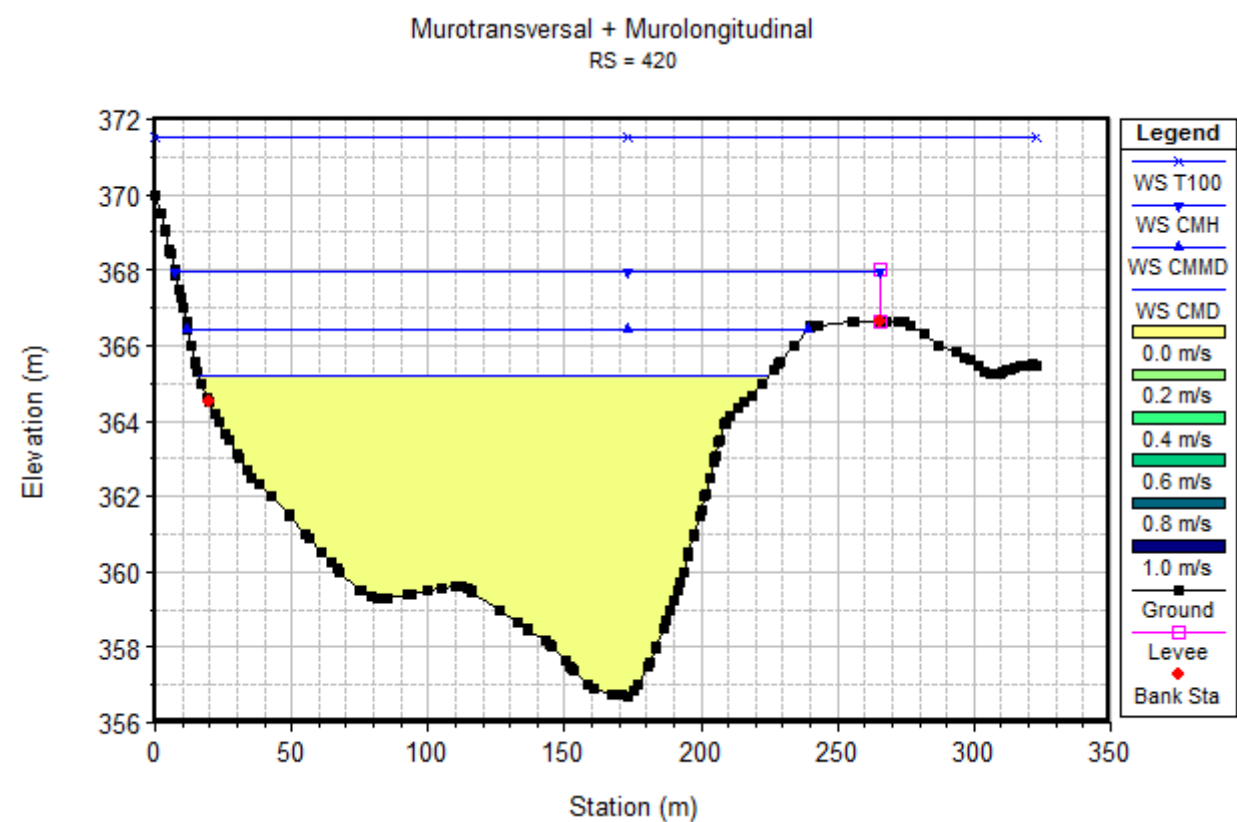
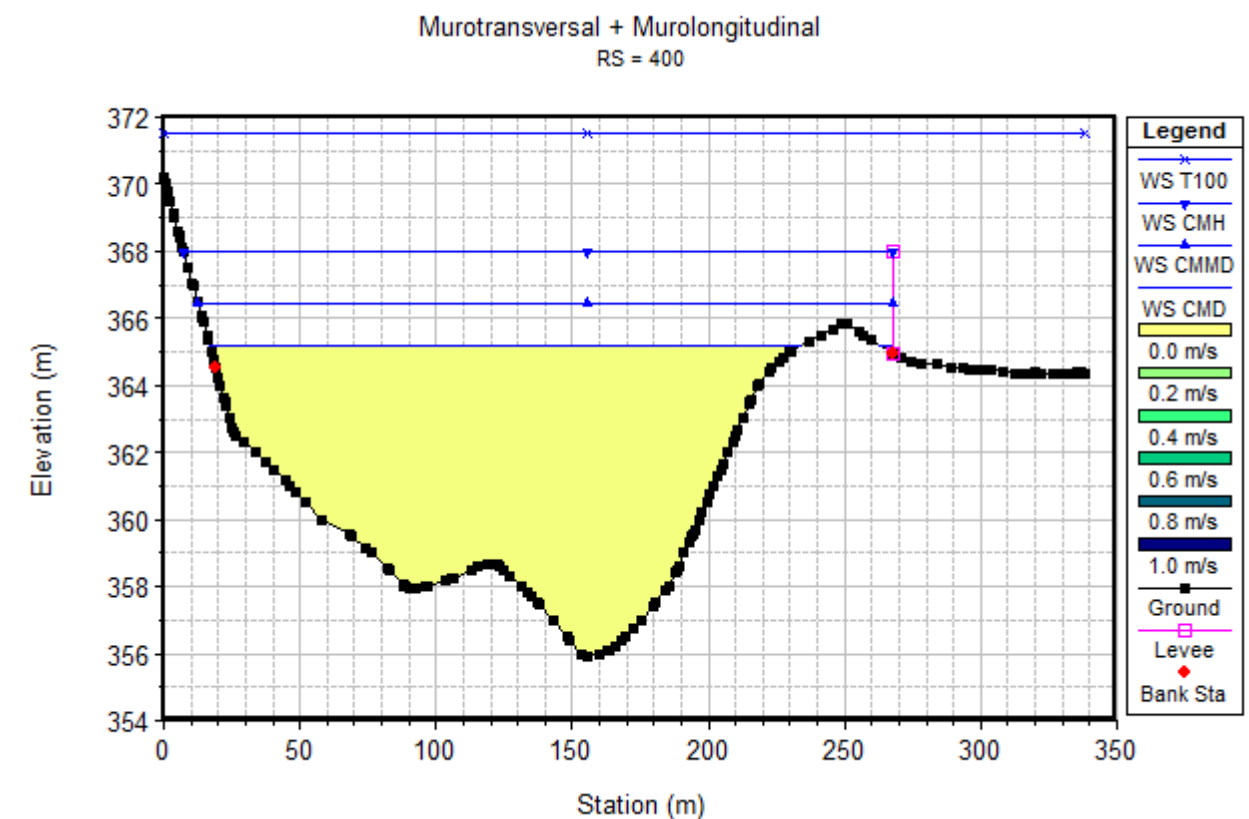
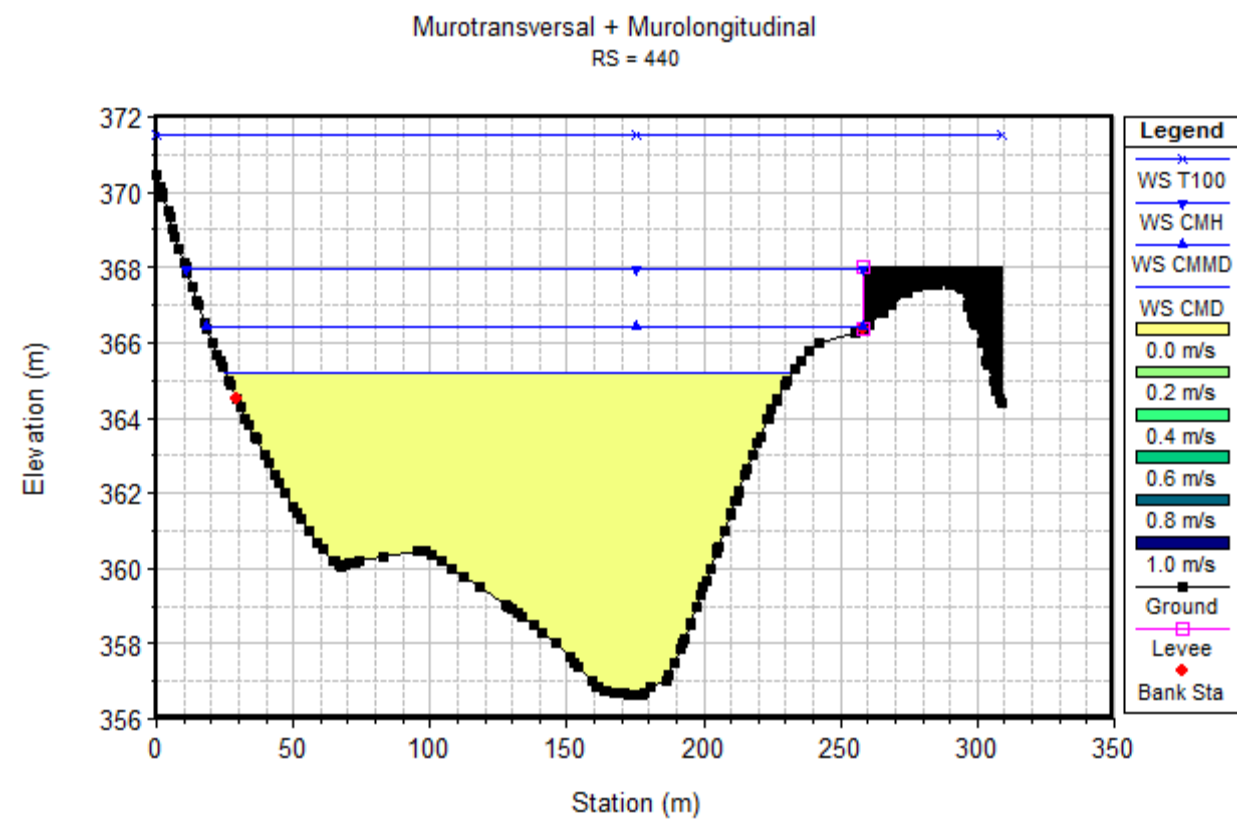


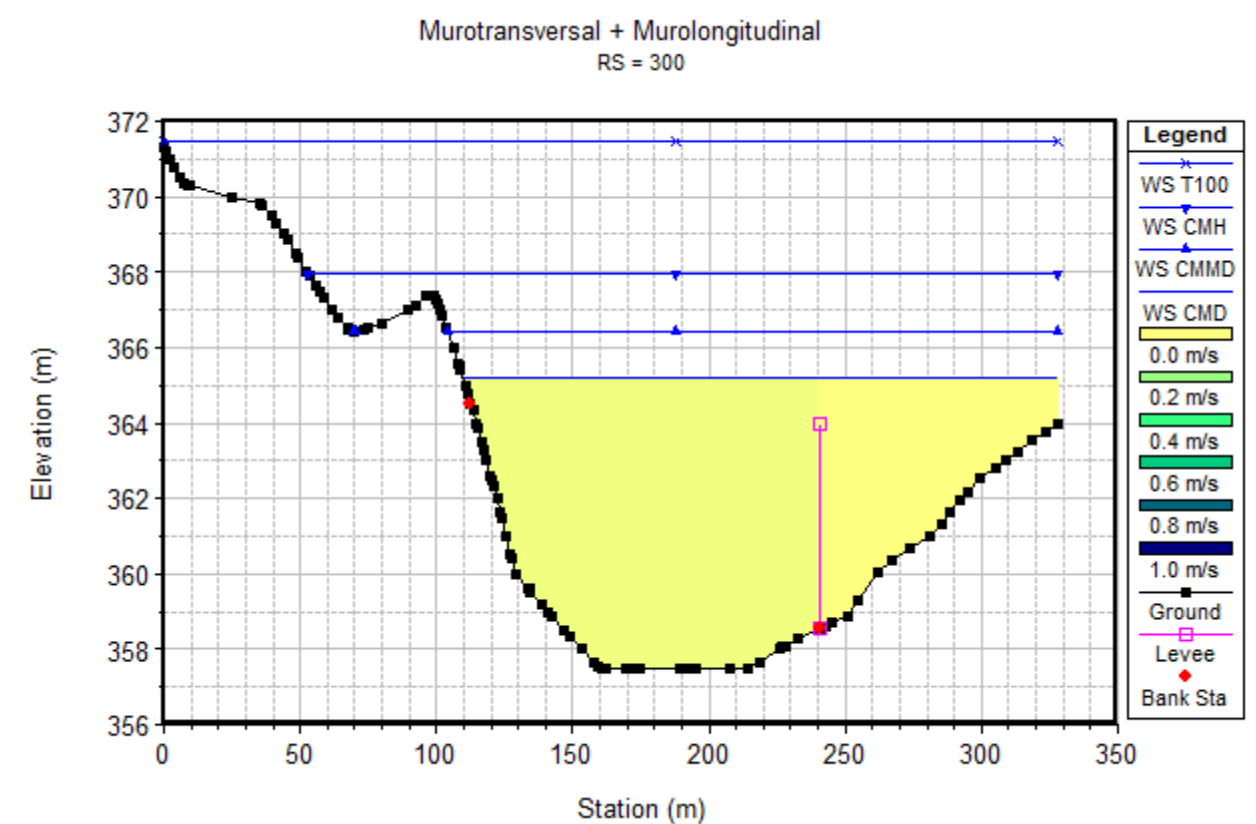
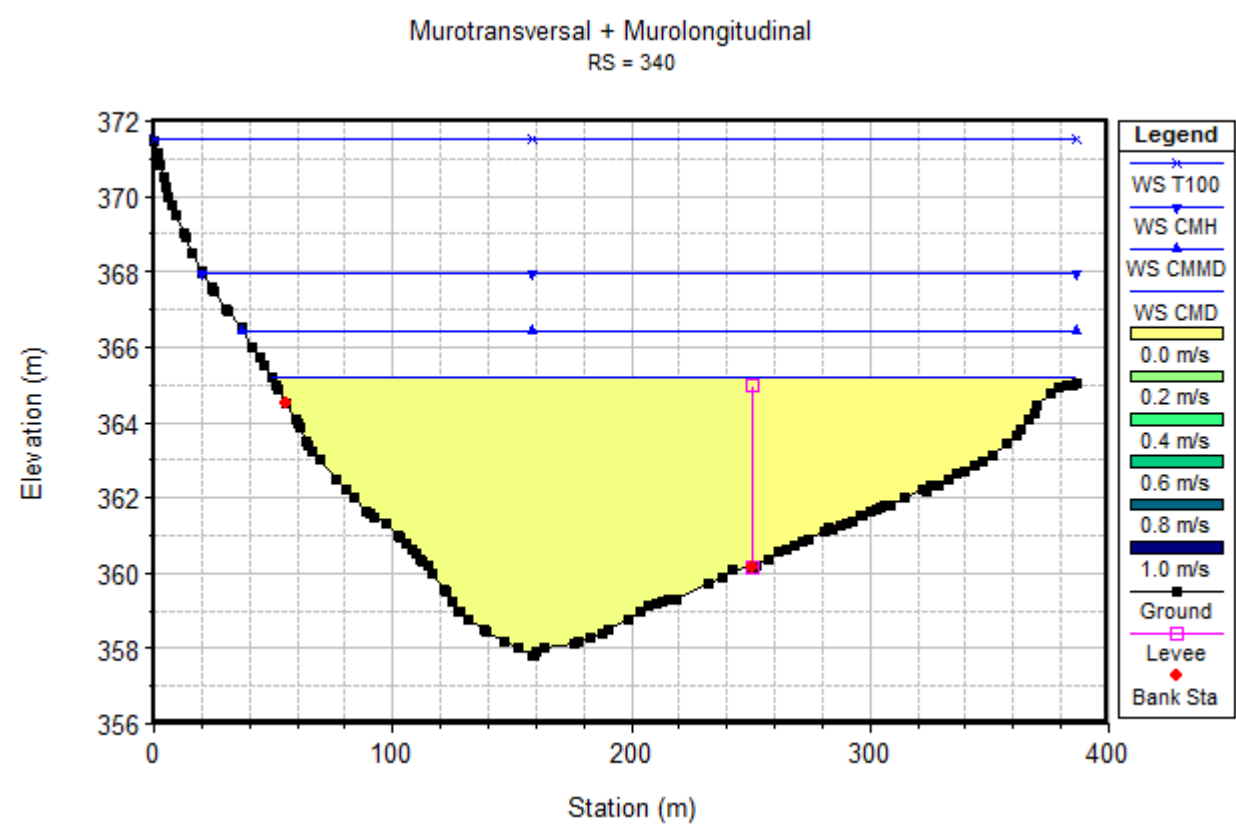
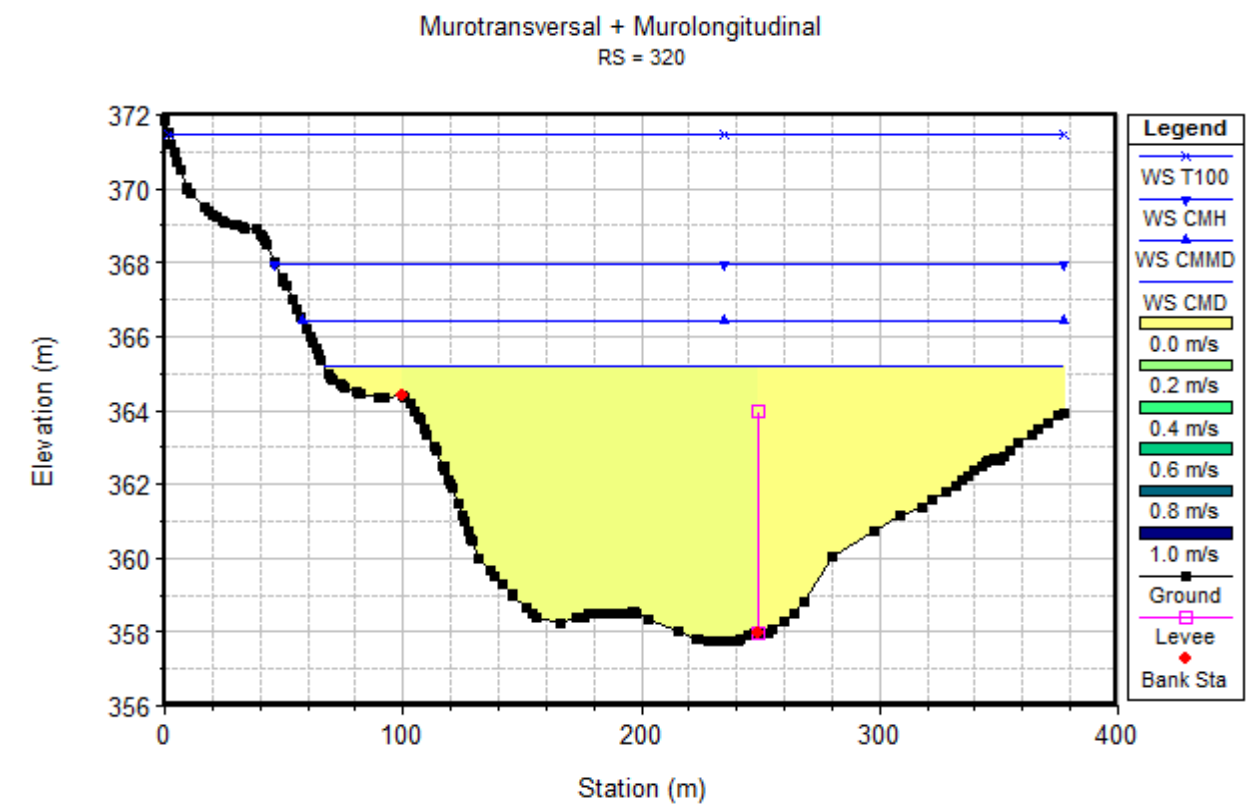
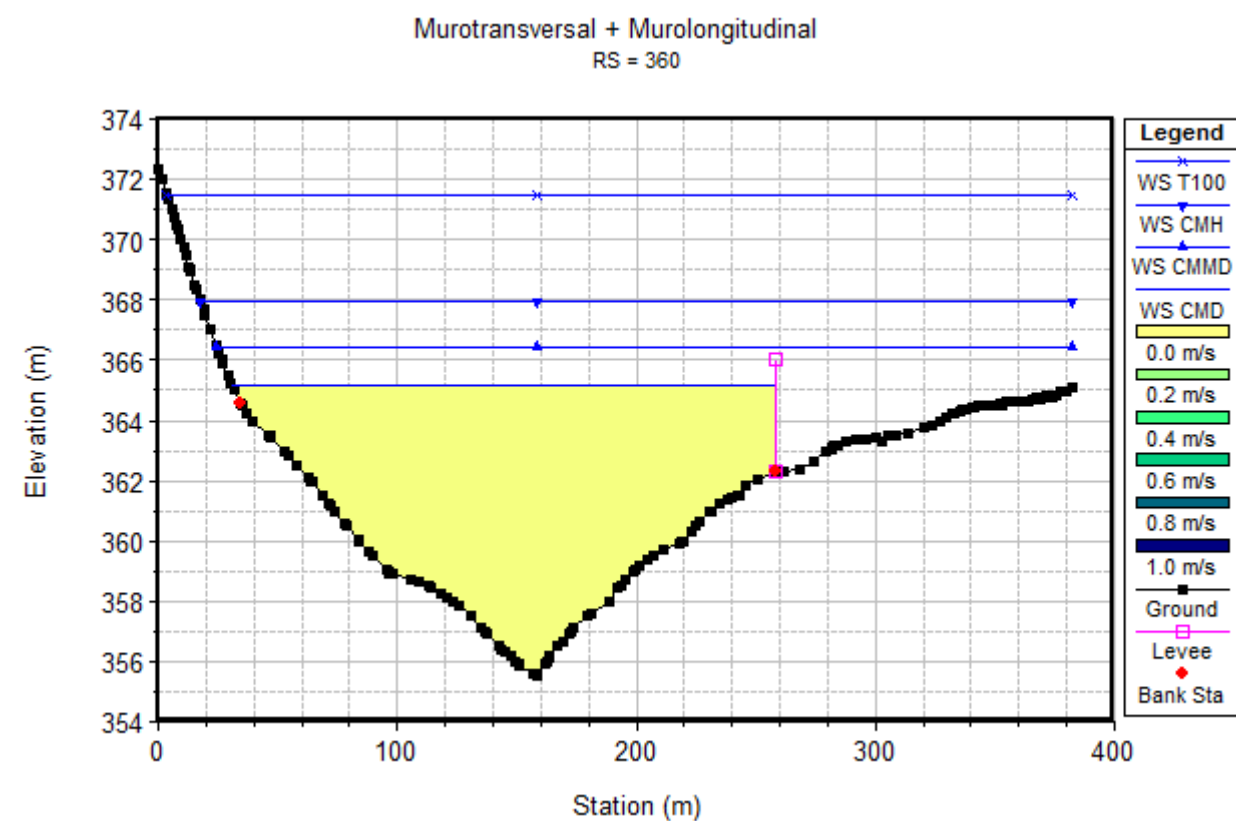


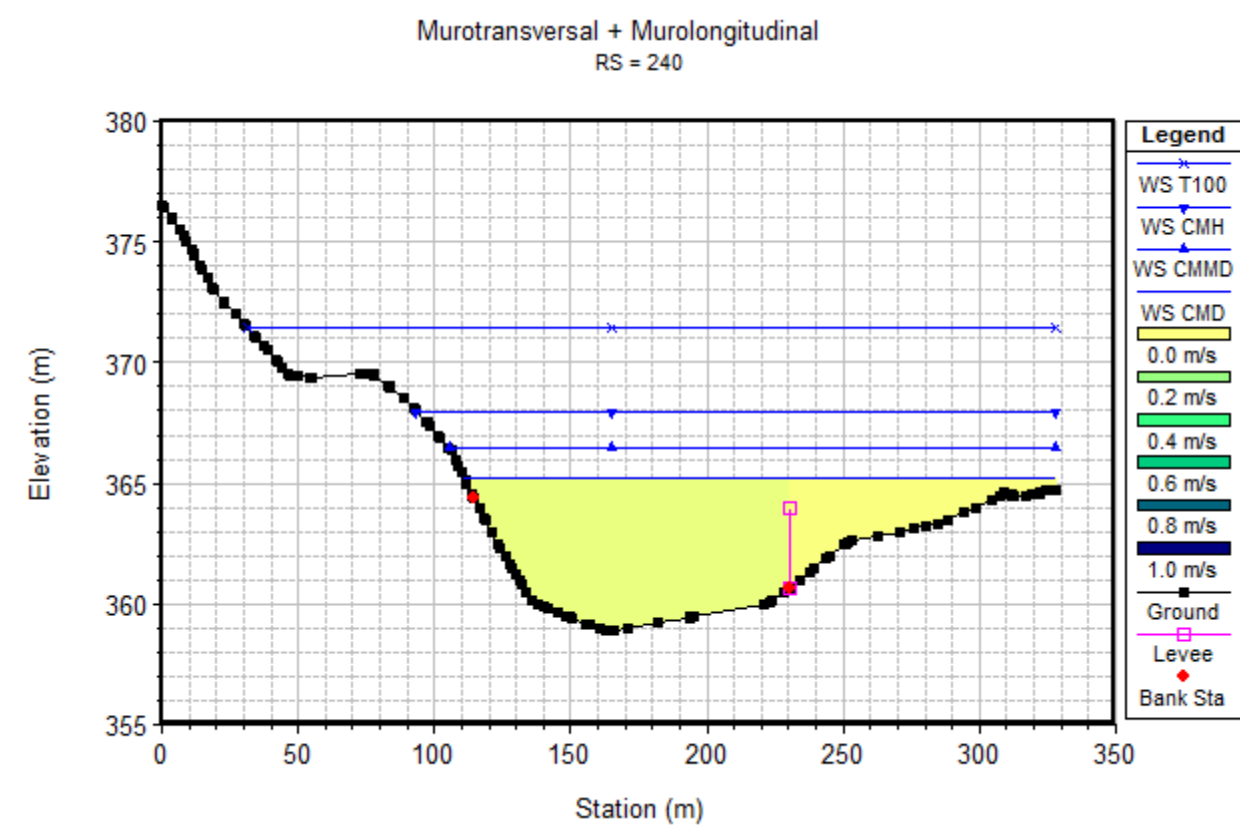
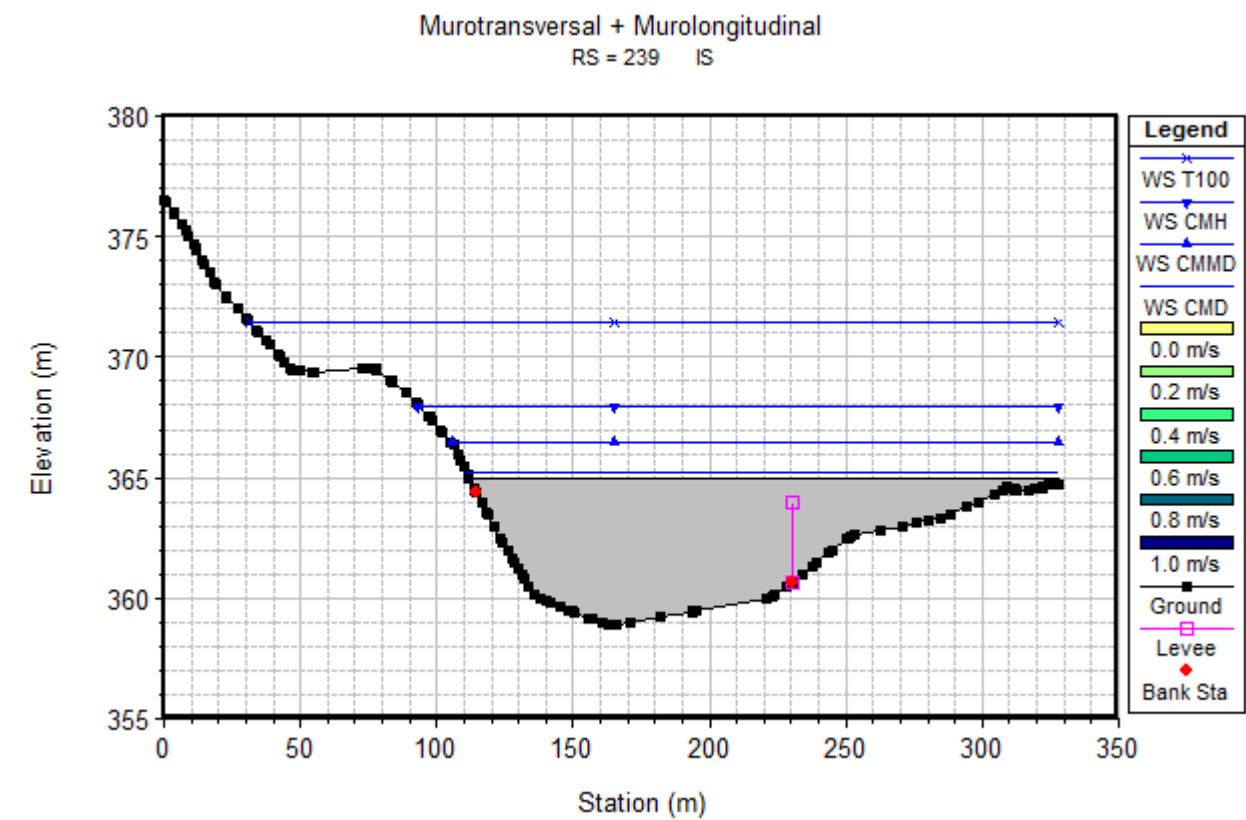
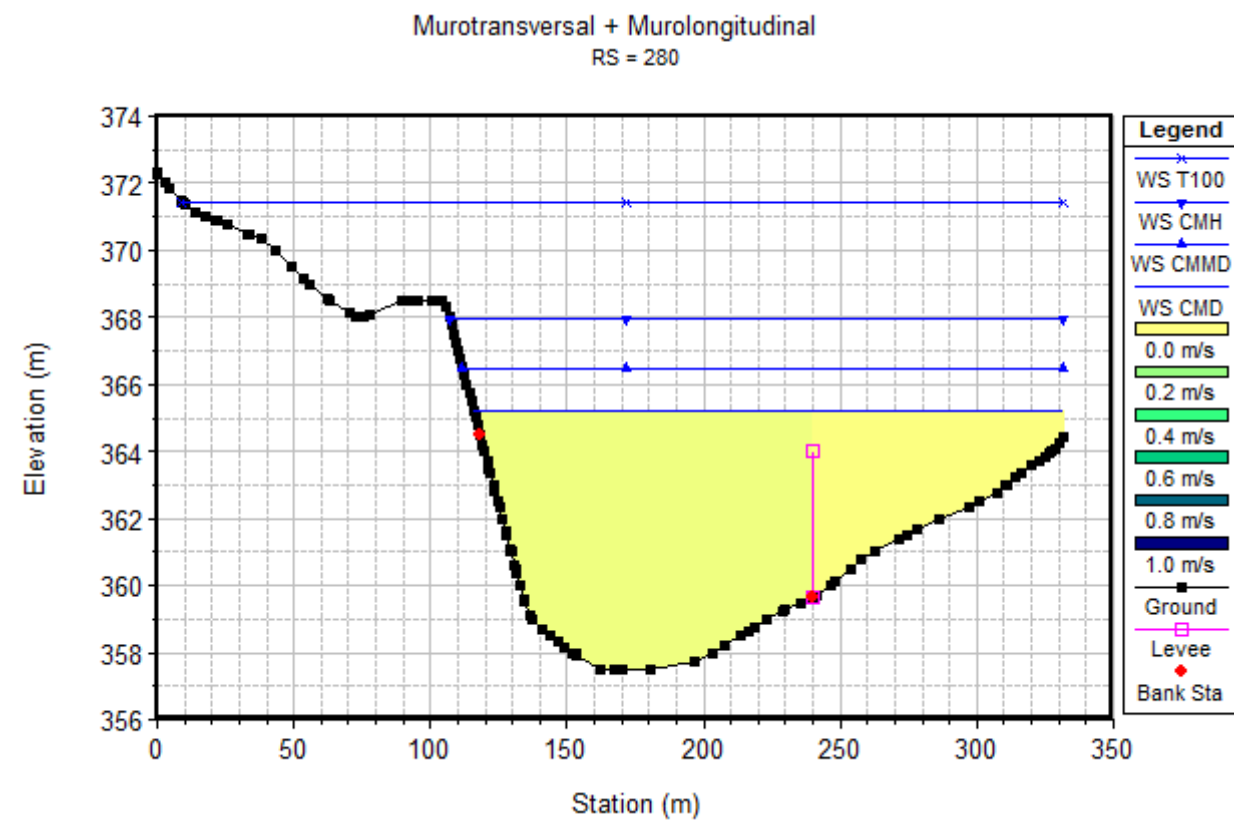


APÉNDICE 4

MODELO HEC RAS 3: MURO TRANSVERSAL Y MURO LONGITUDINAL



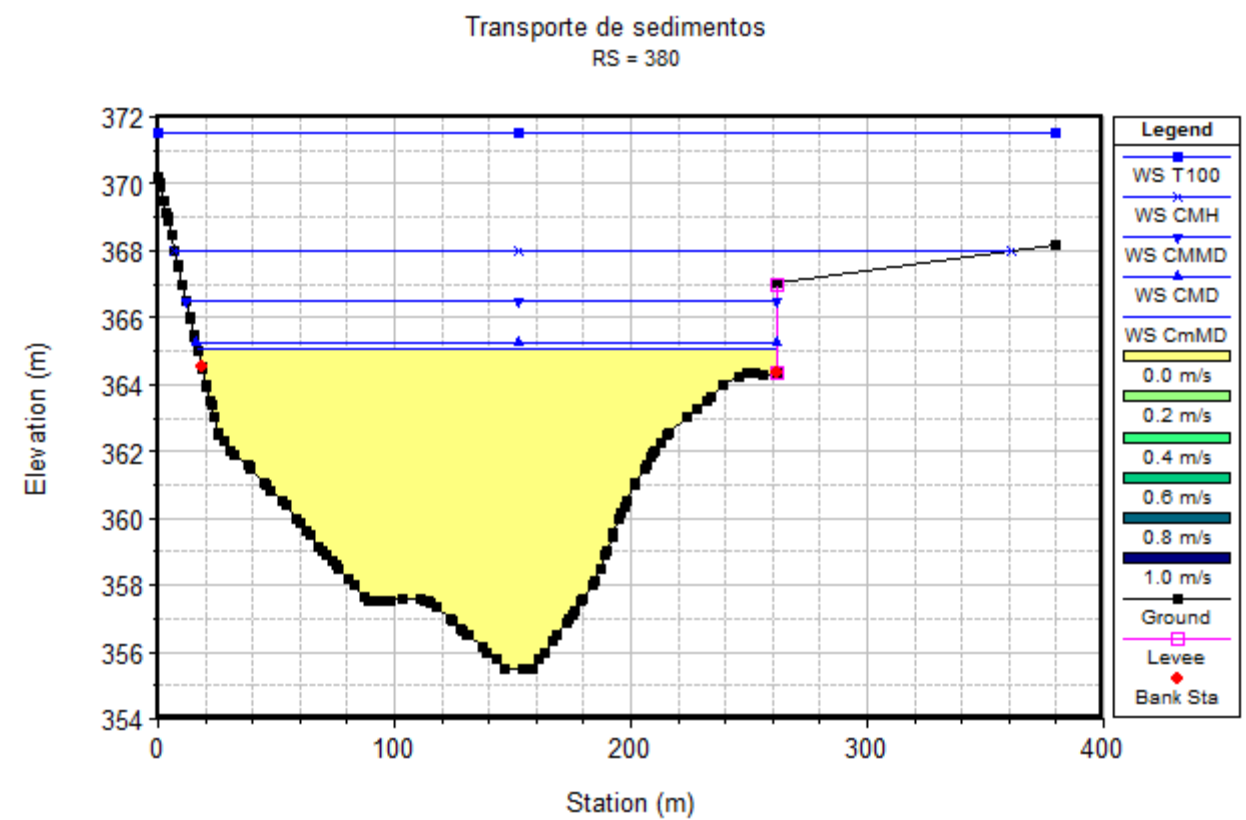
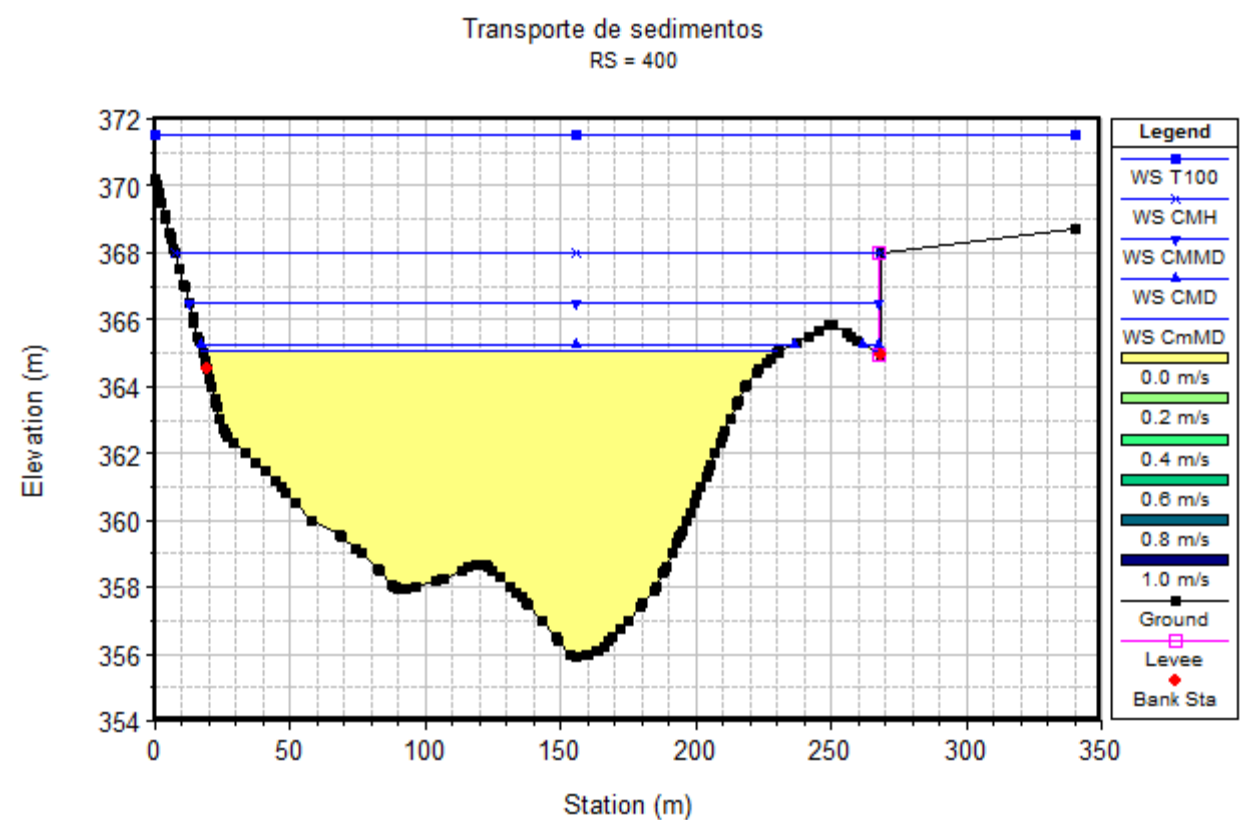
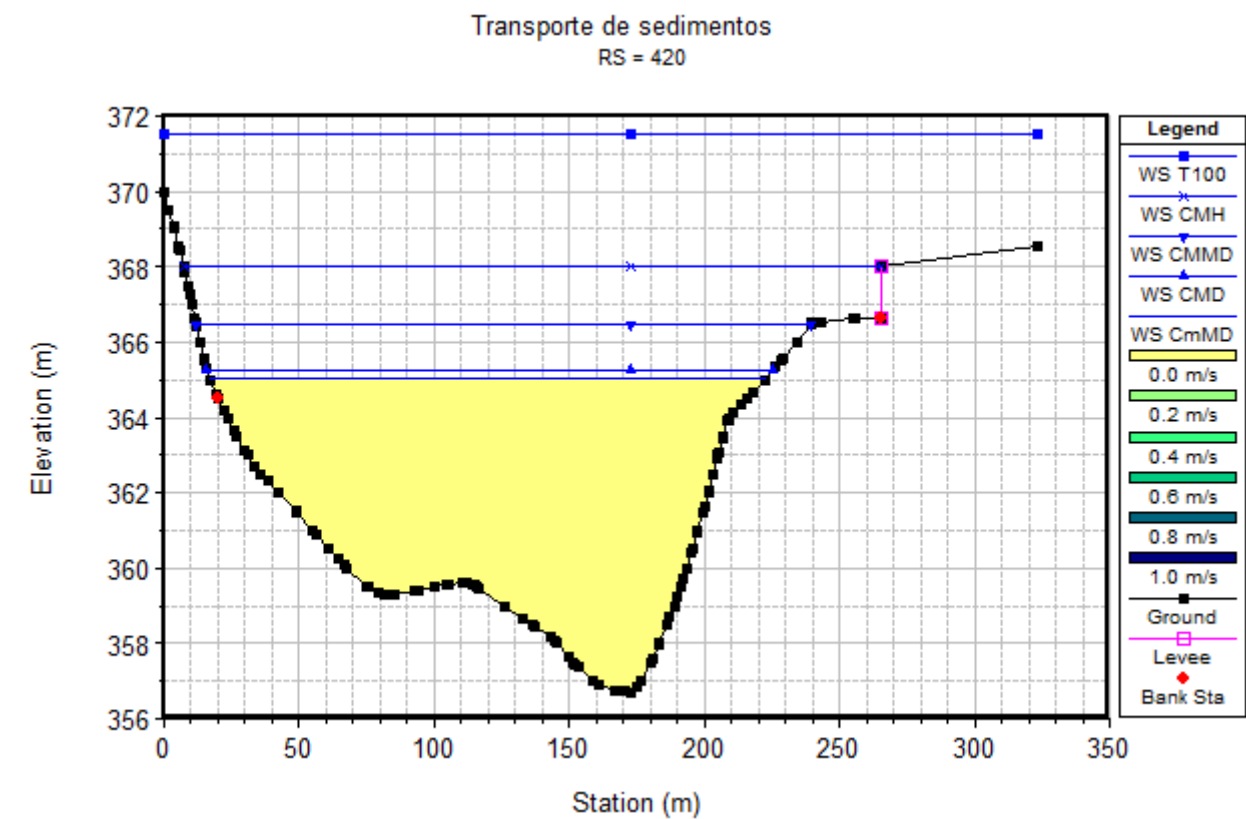
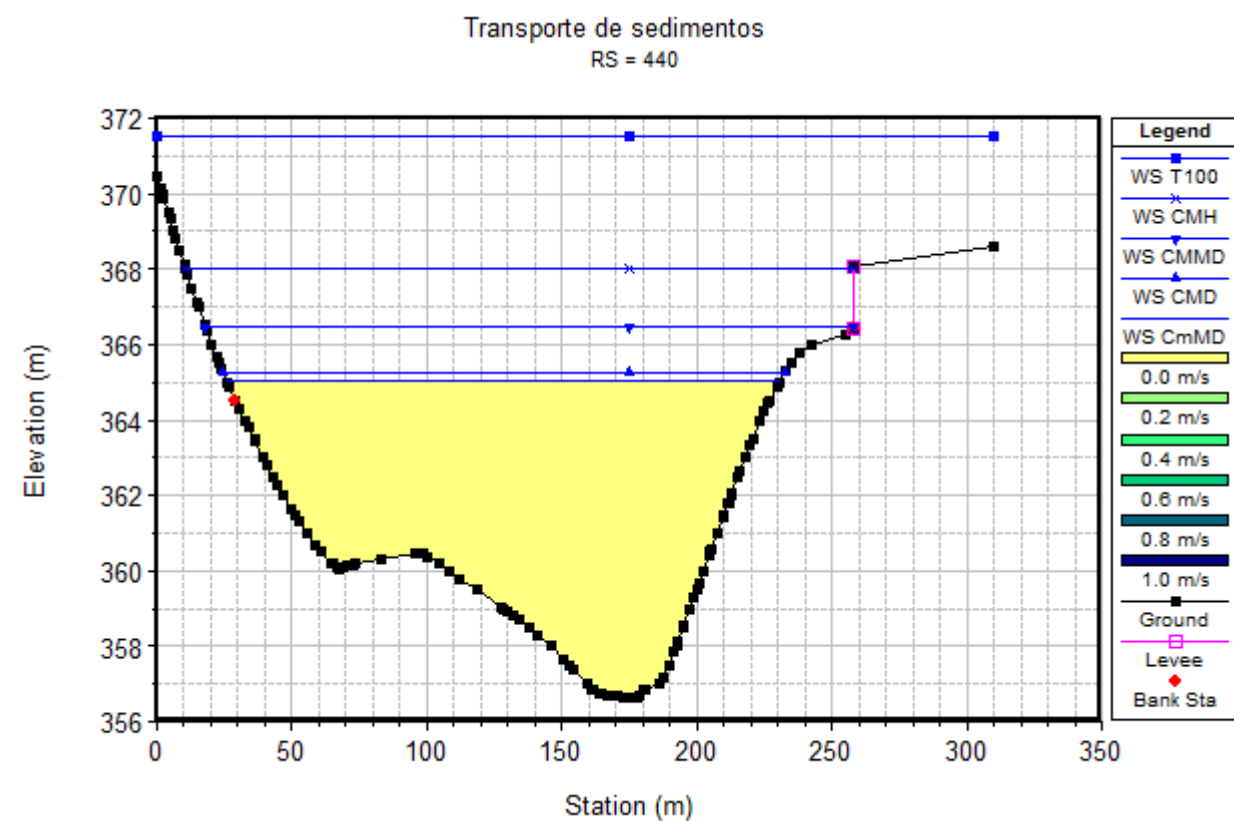


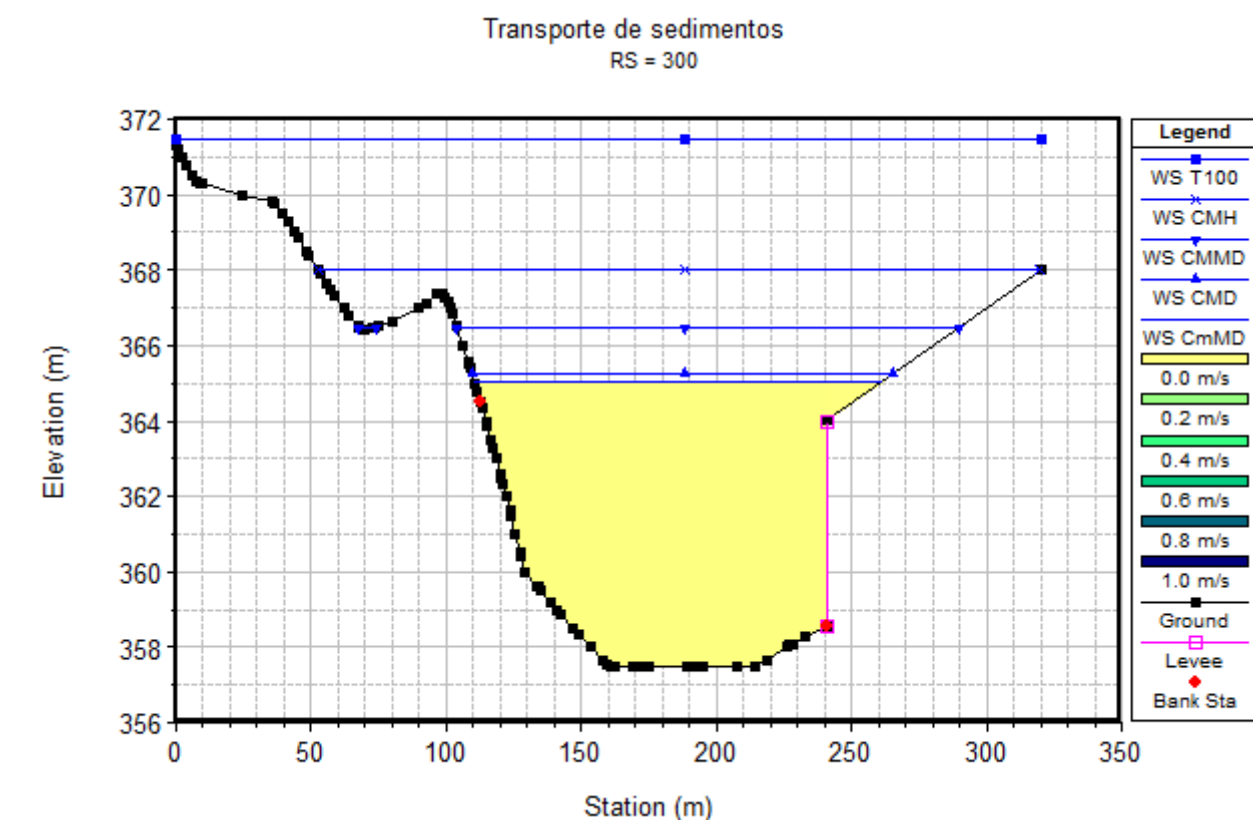
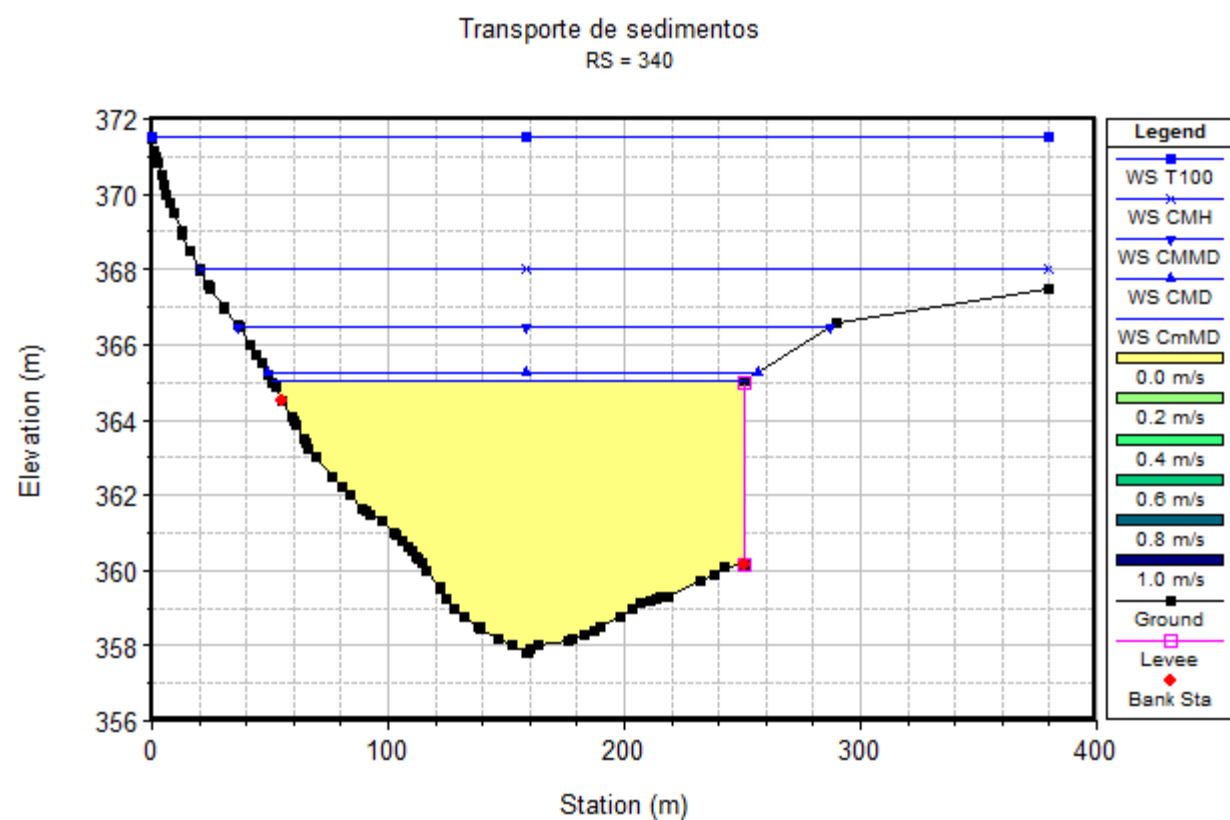
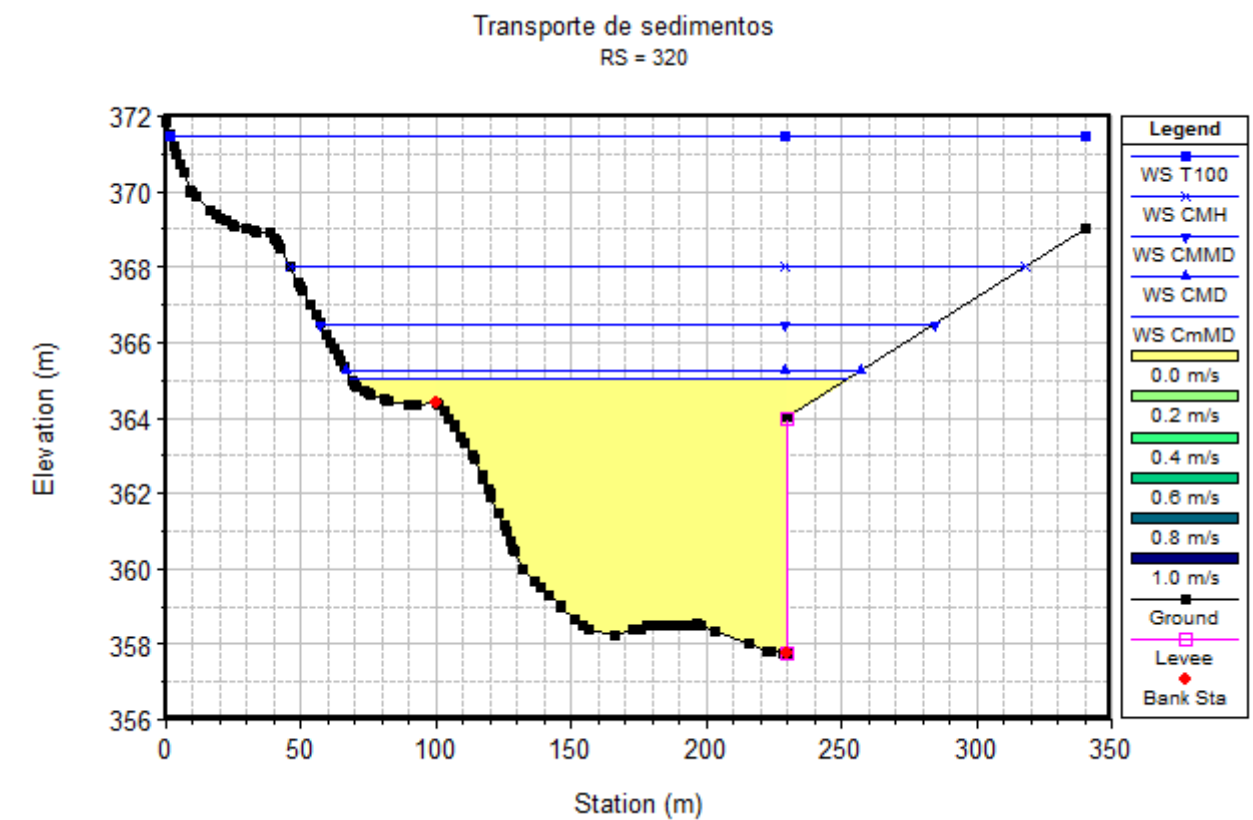
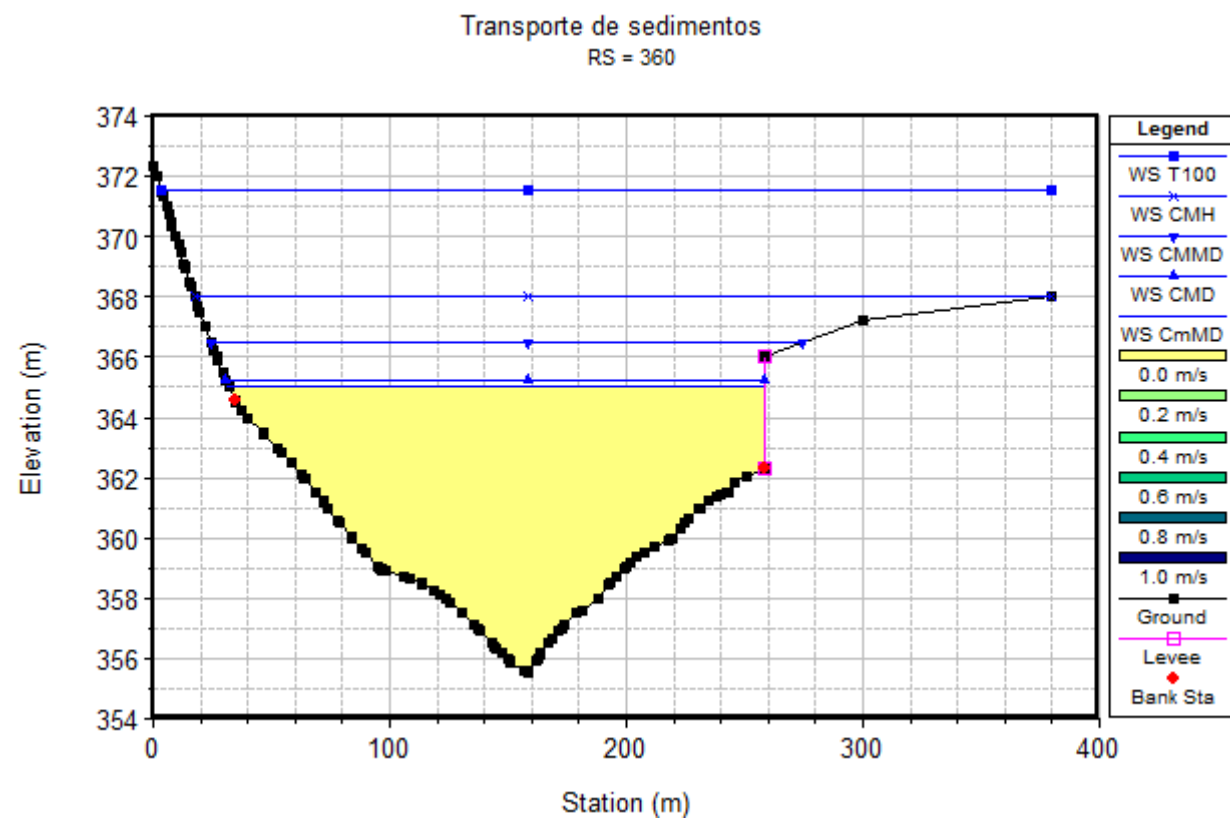


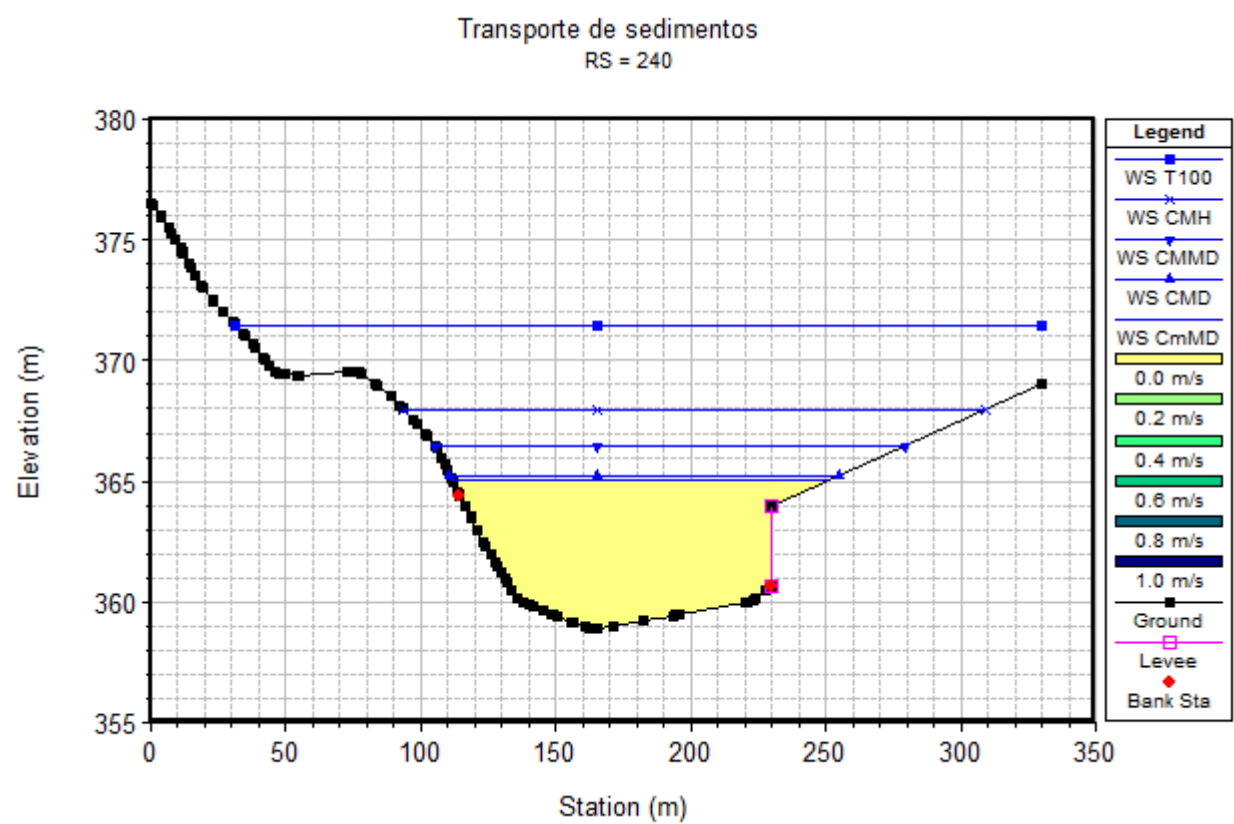
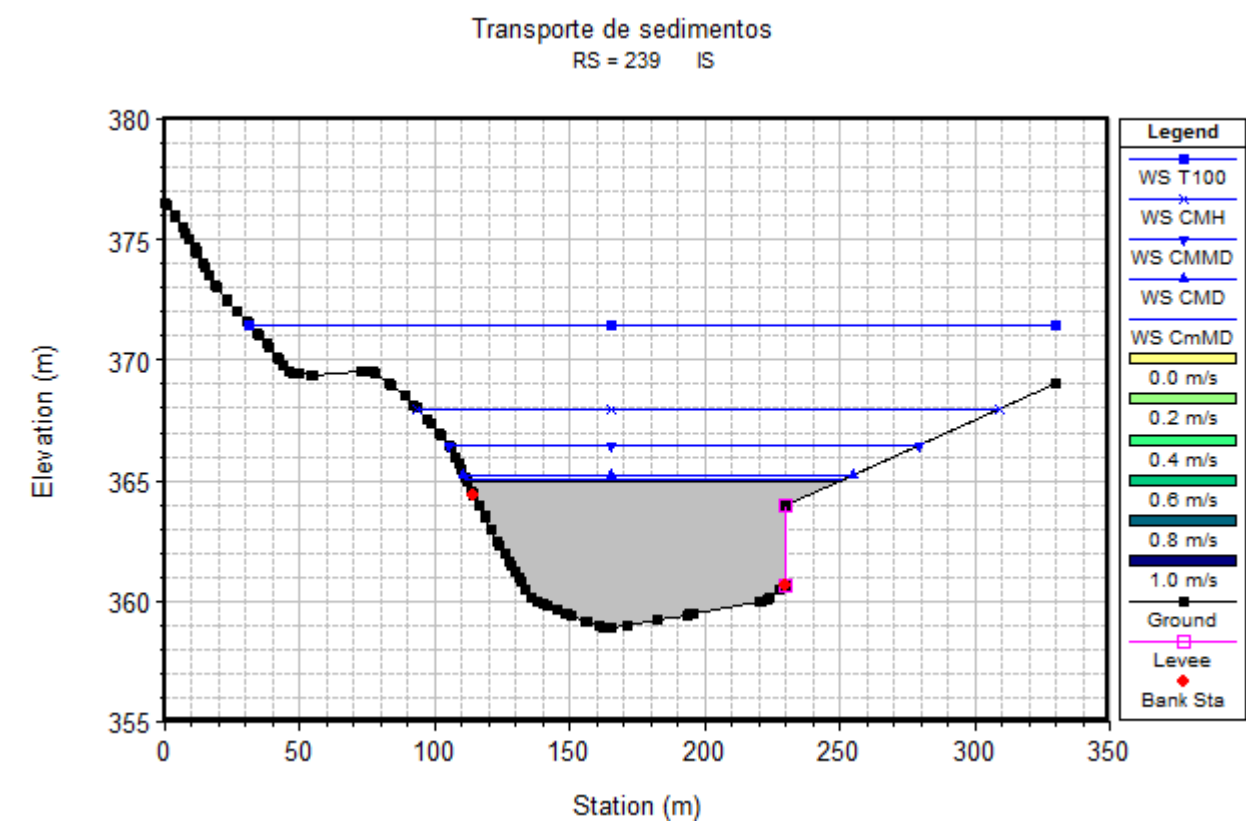
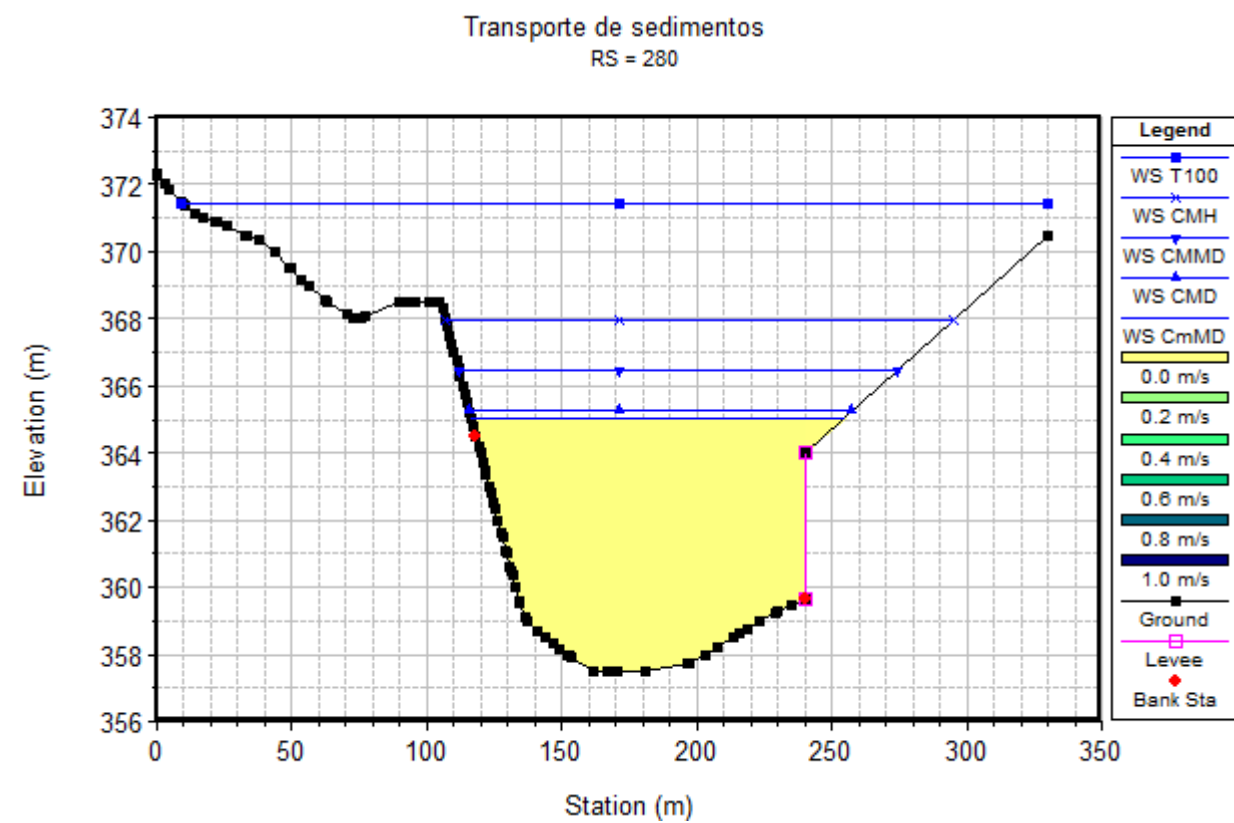


APÉNDICE 5

MODELO HEC RAS 4: MURO TRANSVERSAL, MURO LONGITUDINAL Y APORTACIÓN DE ÁRIDO







6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. SITUACIÓN ACTUAL	2
2. OBJETIVOS.....	2
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	2
3.1. A1.....	2
3.2. A2.....	5
3.3. A3.....	8
4. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE VALORACIÓN	11
4.1. Técnico.....	11
4.2. Económico.....	11
4.3. Social.....	11
4.4. Ambiental.....	12
5. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	12
6. RESULTADO	15

APÉNDICE 06 – 1: Situación secciones HEC-RAS
APÉNDICE 06 – 2: Modelo HEC-RAS Situación Actual A1
APÉNDICE 06 – 3: Modelo HEC-RAS Situación Actual A2
APÉNDICE 06 – 4: Modelo HEC-RAS Situación Actual A2
APÉNDICE 06 – 5: Definición Alternativas Planta
APÉNDICE 06 – 6: Plano de Peligrosidad de Inundación



1. Situación actual

Tal y como se ha descrito, en el Anejo 01 correspondiente a la memoria justificativa, en la actualidad Lugo no cuenta con una zona de baño pública. En dicho Anejo se justifica la necesidad de esta actuación contrastándola con otras ciudades y sus respectivas zonas de baño.

Partiendo de esta situación actual se plantean los objetivos que se pretenden cumplir en el presente Anejo de estudio de alternativas.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio no es otro que el de definir la mejor solución para la actuación planteada. Debido a la originalidad del proyecto y a las limitaciones impuestas por el mismo estudio la mejor forma que se nos ha ocurrido para plantear las alternativas es con relación al emplazamiento de la misma.

Por lo tanto plantearemos 3 ubicaciones diferentes con características en común y otras que difieren entre ellas, para de esta forma poder discernir cual es la mejor situación de la playa. Todas ellas se encuentran a menos de 10 km del centro de Lugo.

En definitiva, no pretendemos analizar la funcionalidad de cada medida ya que suponemos que cualquiera de las planteadas ofrecerá solución al problema planteado, sino ver cuál es la mejor atendiendo al resto de parámetros. Una vez seleccionada, se incorporará en el estudio de la solución para el problema.

3. Descripción de las alternativas

Para encontrar soluciones a los problemas descritos y de esta forma satisfacer las necesidades de la mejor forma posible, propondremos tres emplazamientos diferentes en los cuales ubicar la playa fluvial. Las diferentes alternativas responden a esquemas en los cuales se recogen distintas actuaciones correspondientes a la propia zona de estudio.

Asimismo todas las ubicaciones escogidas antes del estudio de alternativas tienen unas características comunes que propician dicha actuación:

- Se encuentran en un tramo con una orografía y una geometría que beneficia el acondicionamiento de la playa:
 1. La pendiente longitudinal del cauce es muy leve, en alguno punto inexistente.

2. Disponen de un “caneiro” (un azud natural formado por cantos de piedras), que crea un remanso de agua en la zona destinada al baño.
 3. Favorecen la actuación en el margen izquierdo, el cuál es óptimo para la orientación solar de la playa.
- Todas ellas se encuentran próximas al centro de Lugo, uno de los principales motivos del proyecto. Cuentan con un buen acceso, por lo tanto no será necesario acondicionar los accesos en ninguna de ellas.

Analizaremos, por separado cada una de las zonas de estudio, que a partir de ahora denominaremos como A1, A2 y A3. Siendo A1 la alternativa situada aguas arriba y A3 la de aguas abajo.

- Caneiro da Luz: A1
- Caneiro da Tolda: A2
- Caneiro do Vilar: A3

Describiendo, en la medida de lo posible para este punto del nivel de estudio; la ubicación, las características geométricas y la viabilidad técnica de las obras a ejecutar en cada alternativa, para que de esta forma luego nos resulte más cómodo y preciso evaluar los distintos criterios de valoración.

Para realizar este estudio y la descripción de las alternativas con la mayor precisión posible usaremos información proveniente de diferentes fuentes: visitas de campo, MDT del Río Miño, secciones transversales, simulación de los tres tramos del río con la geometría de la situación actual en el programa HEC-RAS, ortofotos y otras imágenes adjuntas.

3.1. A1 CANEIRO DA LUZ

Ubicación:

La primera alternativa es la más próxima al centro de Lugo, se encuentra a tan solo un kilómetro y medio en el entorno del Río Miño. Su principal vía de acceso es la N-VI, ya que a la altura del kilómetro 501 dispone de un desvío, que dista 200 metros de la zona destinada a acondicionar. Forma parte del recorrido del paseo fluvial que discurre desde el barrio de A Ponte hasta el de A Tolda. De esta forma, al disponer del paseo fluvial y de la gran cercanía a Lugo, una parte importante de la población podría acercarse a pie.

Actualmente la zona elegida cuenta con terreno habilitado para el uso como área de recreo, por lo tanto, en verano, mucha gente acude a realizar actividades de ocio, tomar el sol e incluso una parte de ella se da un baño. La falta de acondicionamiento en el margen del río impide que gran parte de los visitantes se animen a disfrutar del agua.

Es importante comentar el hecho de que se encuentra muy próximo a un supermercado y al Anxo Carro (estadio de fútbol de Lugo), lo cual nos afecta de forma positiva pero sobre todo de forma negativa. La parte positiva es la disposición de un elevado número de plazas de aparcamiento a menos de 200 metros de la futura playa, en cambio la cercanía a estos equipamientos podría ocasionar diferentes tipos de impacto ambiental, visual y acústico de la zona.

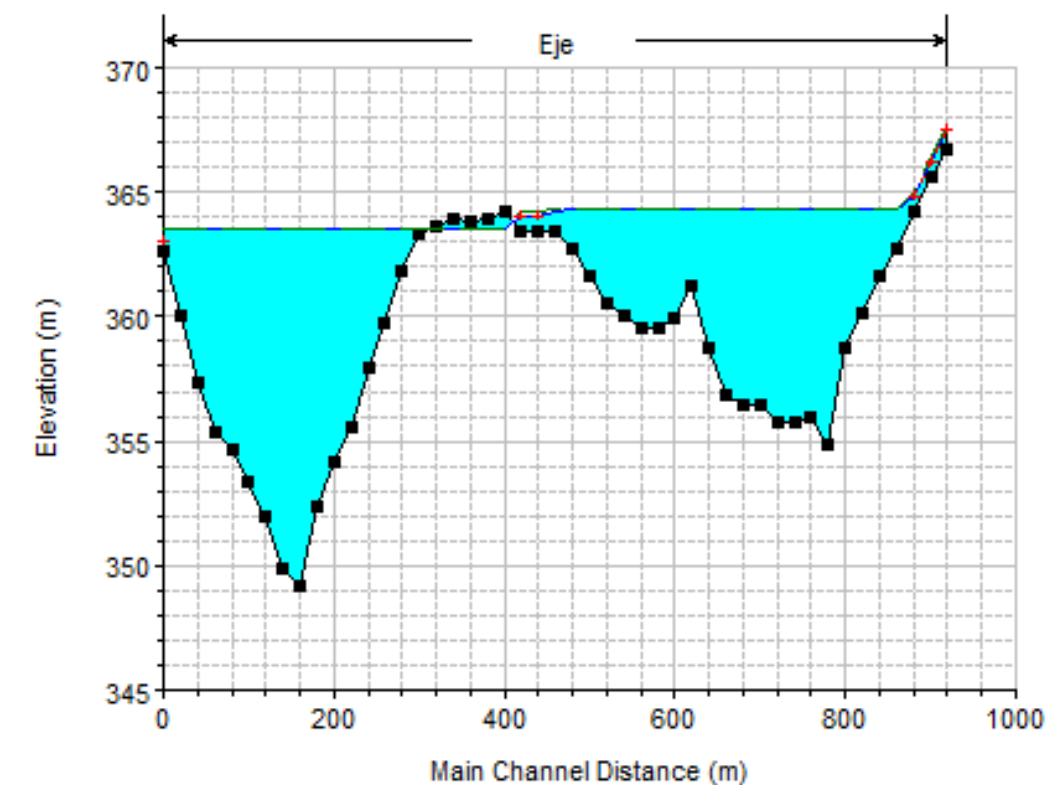
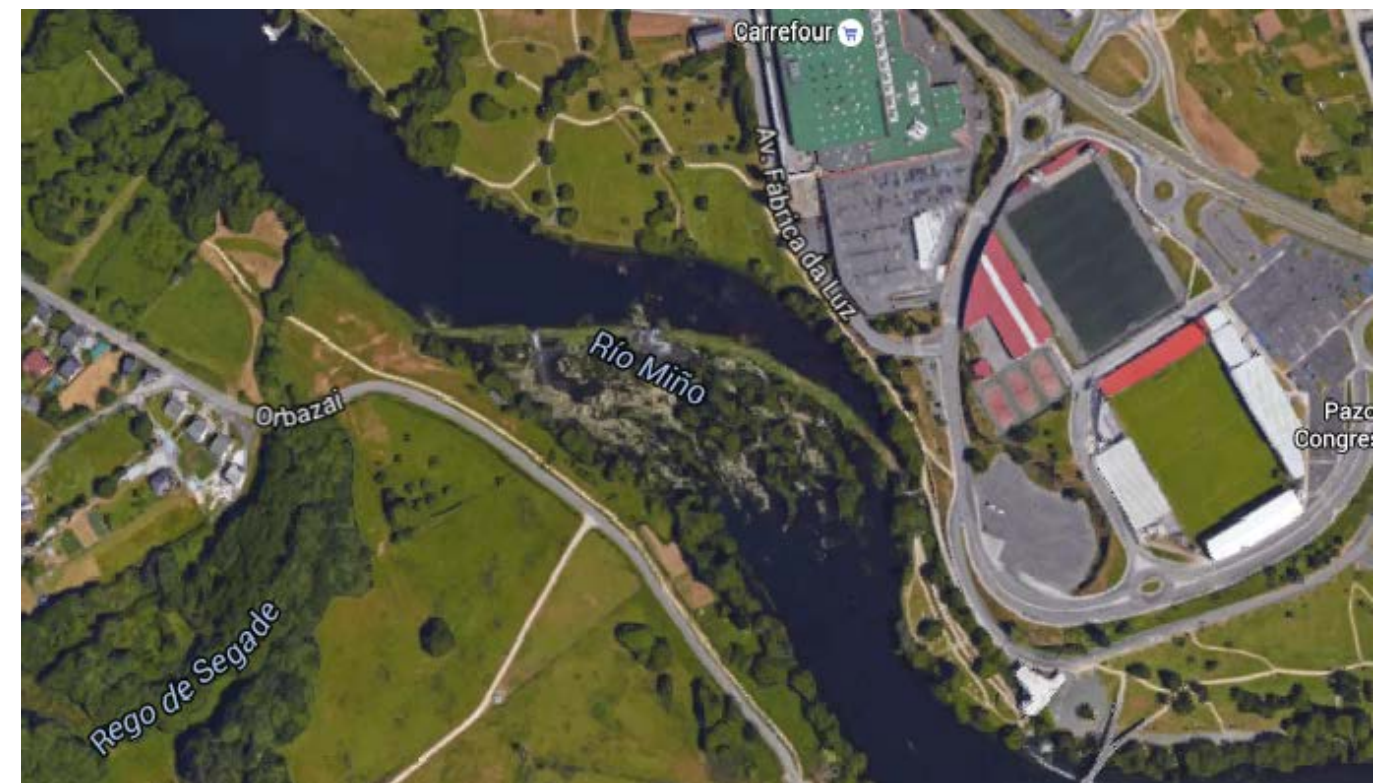
Características geométricas:

En cuanto a las características geométricas de la primera zona de estudio, como podemos observar en la siguiente imagen adjunta, nos ofrece una amplia área de recreo, de aproximadamente catorce mil metros cuadrados. Por otra parte el área de baño que permite el cauce del río en este tramo también es elevada, entorno a doce mil quinientos metros cuadrados.

La simulación realizada en el programa HEC-RAS nos permite interpretar la información geométrica de este tramo. En este caso se ha modulado un kilómetro de río aunque la playa está prevista para una longitud de 120 metros aproximadamente. Se modula un recorrido mayor para que los resultados obtenidos del programa se ajusten todo lo posible a la realidad. Por lo tanto de las 47 secciones transversales realizadas tan solo obtendremos información de las correspondientes a la playa fluvial, el intervalo de secciones, [240,500].

Para este tramo la pendiente transversal media del cauce y del margen de este es del orden del 8,2%. La pendiente máxima se registra en la sección del punto kilométrico 380 y es del 10,7%, mientras que la pendiente mínima es del 3.3% y se registra en el punto kilométrico 460 del cauce simulado. Este dato es importante porque a la hora de realizar la playa la pendiente de entrada del agua deberá cumplir unas limitaciones, y de esta forma podremos estimar las obras de movimientos de tierra que serán necesarias, tanto de desmonte en el margen como de terraplén en el cauce.

No solo nos preocupa la pendiente transversal del cauce sino también la pendiente longitudinal. En el tramo donde se quiere ubicar la playa la pendiente longitudinal es del 2,9%. Para visualizar lo que ocurre en todo el tramo simulado, se adjuntan el siguiente gráfico del perfil longitudinal total.



Para tratar los distintos calados del río de una forma cómoda, distinguiremos el calado calculado en las secciones de la playa fluvial y el calculado en las secciones correspondientes a toda el área de baño:

- Secciones de la playa fluvial: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo en torno a los 3 metros en las secciones más próximas al azud, así como un calado máximo medio de 1,9 metros en toda el área perteneciente a la ubicación del arenal.
- Secciones del área de baño: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo de 5 metros en las secciones situadas aguas arriba, así como un calado máximo medio de 2,94 metros en toda el área de baño disponible.

De la forma en planta de la cuenca del río en este tramo se destaca, la alineación recta que trae el río aguas arriba del emplazamiento de estudio, con una anchura media de 60 metros. Esta alineación se interrumpe gracias a la presencia del azud oblicuo al cauce, que al producir un remanso del agua se crea una zona más protegida con forma de curva como se puede observar en la imagen y en la simulación.

Viabilidad técnica de las obras a ejecutar:

Para llevar a cabo la playa proyectada serán necesarias una serie de obras, que puedan proteger y acondicionar el tramo para su futuro uso. En todo caso, la mejor época para realizar las obras sería el verano que es cuando el río lleva menos caudal.

Los distintos trabajos a realizar para que la playa sea viable en el primer tramo de estudio son:

- **Limpieza y desbroce:**

Como comentamos con anterioridad este tramo dispone de un amplio área de recreo. Por lo tanto las tareas de desbroce serán mínimas en el margen del río. Tan solo es necesario retirar unos arbustos para habilitar la construcción de un muro en ese punto. El área total a desbrozar suma 174 metros cuadrados.

- **Movimiento de tierras:**

Para una buena realización de la playa, esta debe tener una adecuada pendiente de entrada al agua para poder llevar a cabo en ella actividades de baño o para otros fines lúdicos. Por ello, prefijamos una pendiente del 5% para tener una superficie adecuada al respecto. Contando con este dato e intersecándolo con cada sección realizada podemos estimar cual es el área de desmonte y de terraplén. Ahora interpolando cada una de las secciones conseguimos el volumen de los movimientos de tierra a realizar.

Secciones	Área desmonte	Área terraplén	Volumen desmonte	Volumen terraplén
PK 280	0	18,4	0	487,3
PK 300	0	30,33	0	609,5
PK 320	0	30,62	0	643,8
PK 340	0	33,75	0	888,7
PK 360	0	55,12	0	1252,5
PK 380	0	70	253,12	922,5
PK 400	22,5	12	196,87	586,25
PK 420	0	55	338,12	982,5
PK 440	26,25	43,25	186,87	1007,5
PK 460	0	57,5	0	1431,2
PK 480	0	85,62	974,98	8811,75
		TOTAL		



Se pretende utilizar el volumen de material desmontado para el terraplén, de todas formas como podemos observar aun necesitamos una elevada cantidad de terreno de aportación.

- **Muro de abrigo**

Se pretende crear una zona de abrigo en el remanso producido por el azud. La intención es conseguir un banco de arena con un muro lineal al cauce del río, que tiene como objetivo evitar la pérdida de sedimento. El muro se dispone pegado al margen izquierdo y aguas abajo se separa de este creando la zona del arenal. A medida que el muro se separa del margen va reduciendo su altura y continúa sumergido hasta cerrarse contra el azud, existiendo de esta forma una profundidad de cierre para el árido a colocar.

Por lo tanto, se plantea un muro de sección variable. Se estiman las distintas secciones correspondientes a cada punto kilométrico en función de los datos obtenidos de las simulaciones en HEC-RAS.

La longitud del muro proyectado es de 140 metros y el ancho de metro y medio mientras que la altura depende de la sección y varía de 2 a 4 metros. Interpolando la altura de las secciones estudiadas podemos estimar un volumen de muro en torno a 660 metros cúbicos.

- **Malla geotextil**

Tras el perfilado del terreno en el que se ubicará la playa, y una vez fijada la pendiente de entrada al agua, se colocará sobre el terreno natural una malla geotextil anticontaminante, que tiene como objeto evitar que la arena de playa que se aplique a toda la zona se pueda mezclar con el lodo.

La extensión de la malla cubrirá la totalidad del arenal, en este caso necesitaremos 10.000 metros cuadrados de fieltro anticontaminante.

- **Aportación de árido**

Para la terminación de la playa fluvial se llevará a cabo la extensión de una capa de árido de 0.5 mm de diámetro. Se establece un espesor de 60 cm por toda la superficie de la playa, por lo tanto el volumen de árido a colocar es de 6.000 metros cúbicos.

Como indicamos antes, el desmonte se reutilizará y de esta forma se cubre parte del terraplén a colocar. Una vez descontado este terreno nos queda un volumen de 7836 metros cúbicos de aportación externa.

Por lo tanto, de estos 7836 metros cúbicos 6000 serán árido y grava, y el resto terreno consolidado extendido como capa de pendiente inferior al material geotextil.

- **Desvío de cauce**

Como se observa en la figura un pequeño afluente desemboca en el tramo donde se desea ubicar el arenal. Es importante destacar que el ancho del cauce del río es inferior a 1 metro y que en verano no tiene caudal. De todas formas es necesario redirigir los últimos 30 metros de la cuenca del pequeño afluente por el margen de la playa hasta desembocar en el Río Miño aguas abajo del azud.

La longitud de la nueva cuenca se prolongará hasta 250 metros salvando la playa para evitar problemas de transportes de sedimentos en épocas de lluvia. La sección del canal será constante y de un metro cuadrado.

3.2. A2 A Tolda

Ubicación

La segunda alternativa en donde ubicar la playa se encuentra cuatro kilómetros aguas abajo respecto a la primera ubicación. Por lo tanto también cuenta con la posibilidad de acceder a pie por una gran parte de la población de Lugo.

El área de estudio se localiza en A Tolda a 2,5 km del centro de Lugo, del cual es posible acceder directamente, atravesando la Av. De Madrid. Igual que en el primer tramo también cuenta con una gran cercanía a la vía N-VI a la altura del km 498, punto donde como dijimos acaba la Av. De Madrid.

Cuenta con el acceso de dos paseos fluviales, ambos se intersecan y finalizan en este punto. El paseo fluvial del Río Miño que discurre desde el barrio de A Ponte, el mismo con el que se cuenta en la primera zona. El otro paseo fluvial pertenece al Río Rato, el cual desemboca inmediatamente aguas abajo al azul con el que contamos en este tramo, por lo tanto el afluente del Rato no condicionará la situación de la playa.

En la actualidad, esta alternativa también cuenta con terreno habilitado para el uso como área de recreo, en cambio no dispone de un acondicionamiento en el margen del río para el uso como zona de baño. Cabe destacar la distancia a la construcción más cercana, lo que hace de este emplazamiento un lugar apropiado para la playa.

Características geométricas

Como se puede observar en la imagen adjunta, tanto la geometría del margen izquierdo del cauce como la del terreno es similar a la del primer tramo estudiado, por lo tanto se planteará una solución parecida en cuanto a la construcción de la playa.

La extensión de terreno de recreo de la que se dispone en el entorno del río en este punto es muy alta, más de 20.000 metros cuadrados. Por otra parte la orografía del cauce también permite una elevada área de baño de entorno a 12.500 metros cuadrados.

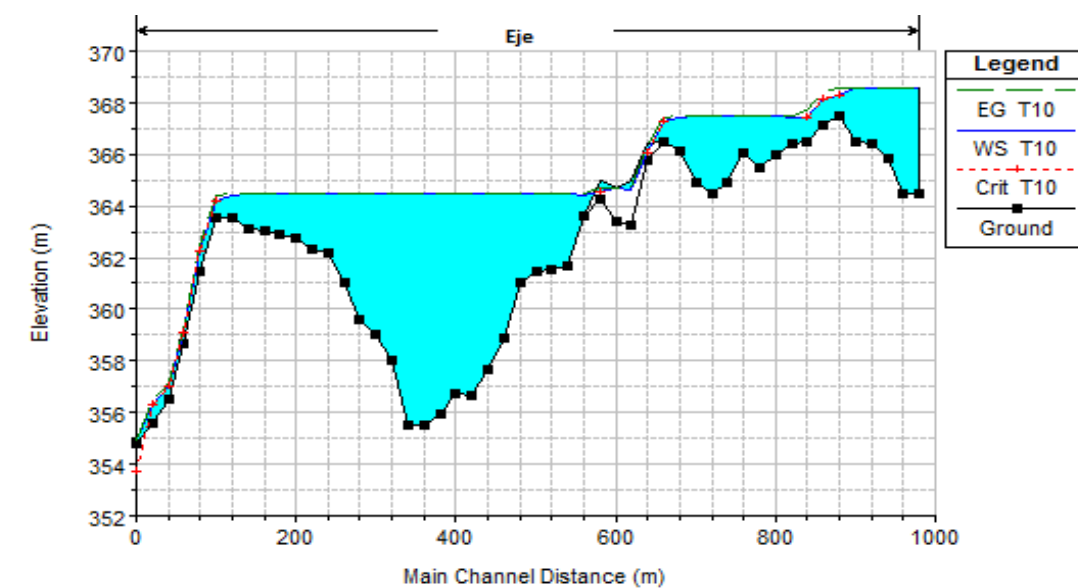


De la misma forma que para el estudio de la primera alternativa, se simula con el programa HEC-RAS un tramo mayor que el que ocupa la playa con intención de minimizar al máximo los errores. Por lo tanto se modula un tramo de 1 km con la geometría actual, en el cual solo será representativo de la playa fluvial el intervalo de secciones; [240,440] de las 50 realizadas.

Para este tramo la pendiente transversal media del cauce y del margen de este es del orden del 5,7%. La pendiente máxima se registra en la sección del punto kilométrico 400 y es del 8,9%, mientras que la pendiente mínima es del 2.2% y se registra en el punto kilométrico 340 del cauce simulado. Este dato es

importante porque a la hora de realizar la playa la pendiente de entrada del agua deberá cumplir unas limitaciones, en nuestro caso impondremos una pendiente del 5%, por lo tanto que la pendiente media actual sea del 5,7% favorece la ejecución.

No solo nos preocupa la pendiente transversal del cauce sino también la pendiente longitudinal. En el tramo donde se quiere ubicar la playa la pendiente longitudinal es nula por la presencia del azul, por lo tanto se crea una balsa de agua propicia el baño. Para comprender lo que ocurre en todo el tramo simulado, se adjuntan el siguiente gráfico del perfil longitudinal.



Como en la anterior alternativa también distinguiremos entre los calados máximos de la playa y los del resto de la zona de baño.

- Secciones de la playa fluvial: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo en torno a los 8 metros en las secciones aguas arriba, así como un calado máximo medio de 5,3 metros en toda el área perteneciente a la ubicación del arenal.
- Secciones del área de baño: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo de 8 metros en las secciones situadas aguas arriba, así como un calado máximo medio de 4,84 metros en toda el área de baño disponible.

Estos datos reflejan el calado máximo de cada sección, por lo tanto por el eje del río habrá margen de calado por si en un futuro se pretende acondicionar.

De la forma en planta de la cuenca del río se destaca, la alineación recta de este tras atravesar una isla aguas arriba del emplazamiento de la playa, con una anchura media de 50 metros. Como en la primera alternativa el azud crea una zona en curva en el margen izquierdo, elegida para crear nuestro banco de arena. El azud cruzar el cauce transversalmente en forma de zig-zag y cuenta con dos compuertas en los vértices situados aguas abajo. Cerrando la compuerta correspondiente al margen elegido se consigue que el azud no permita el transporte de sedimentos de la playa.

De la vista en planta destaca su parecido a la primera zona, por lo tanto resolveremos el banco de sedimentos de la misma forma. Continuando un muro pegado al margen izquierdo que se separa de este cerrando un área entre el azud y el propio margen.

Viabilidad técnica de las obras a ejecutar:

Como comentamos previamente para llevar a cabo la playa proyectada serán necesarias una serie de obras, que puedan proteger y acondicionar el tramo para su futuro uso. En todo caso, la mejor época para realizar las obras sería el verano que es cuando el río lleva menos caudal.

Los distintos trabajos a realizar para que la playa sea viable en el segundo tramo de estudio son:

- **Limpieza y desbroce:**

A simple vista se comprueba que el área de recreo está acondicionada por lo que las operaciones de desbroce y limpieza serán mínimas. En todo caso será necesario trasplantar un par de árboles en el margen izquierdo, así como las limpiezas del fondo del cauce en el lugar destinado al banco de arena. Contabilizando ambas áreas, se requieren servicios de limpieza en 720 metros cuadrados.

- **Movimiento de tierras:**

Planteando la misma limitación que para el resto de alternativas, prefijamos una pendiente de entrada al agua del 5%. Tal y como comentábamos en las características geométricas de este tramo, el terreno en el que se dispone realizar la playa cuenta con una pendiente del 5,7 %. Esto favorece las labores del movimiento de tierras para esta alternativa.

Secciones	Área desmonte	Área terraplén	Volumen desmonte	Volumen terraplén
PK 240	15.3	0		
			228	0
PK 260	7.5	0	137	0
PK 280	6.2	0	86	43
PK 300	2.4	4.3	24	584
PK 320	0	54.1	0	1143
PK 340	0	60.2	0	977
PK 360	0	37.5	0	649
PK 380	0	27.4	475	3396
		TOTAL		

Intersecando e interpolando cada una de las secciones limitadas con dicha pendiente calcularemos el volumen a mover, de la misma forma que en los otros tramos de estudio.

Se pretende utilizar el volumen de material desmontado para el terraplén, por lo tanto necesitaremos un total de 2921 metros cúbicos de terreno de aportación.

- **Muro de abrigo**

Como se ha comentado con anterioridad, el cauce del río se comporta de manera similar a la primera alternativa con la presencia del azul. Por lo que se plantea una actuación parecida, en la que se dispone un muro de contención con la idea de crear una balsa de arena dentro del río. El muro comenzaría en la sección PK 460 pegado al margen izquierdo, prolongándose hasta el PK 240 donde finaliza contra el azud. A partir de la sección del PK 400 el muro desciende su cota a medida que avanza hasta que permanece constante hasta el azud por debajo de la lámina de agua.

Se plantea un muro de sección variable, en el cuál la altura de este varía de 3 a 5 metros, el ancho se mantiene constante de 1.5 metros. La longitud del muro proyectado es de 180 metros, interpolando la

altura de las secciones estudiadas podemos estimar un volumen de muro en torno a 1.100 metros cúbicos.

- **Malla geotextil**

Una vez fijada la pendiente de entrada al agua, se colocará sobre el terreno natural una malla geotextil anticontaminante. Como el objetivo es impedir la contaminación de la arena aportada se colocará de forma que cubra toda el área del arenal. En este caso se necesita un fieltro de 3.500 metros cuadrados.

- **Aportación de árido**

Para la terminación de la playa fluvial se llevará a cabo la extensión de una capa de árido de 0.5 mm de diámetro. Se establece un espesor de 60 cm por toda la superficie de la playa, por lo tanto el volumen de árido a colocar es de 2100 metros cúbicos.

Una vez descontado el terreno desmonte que reutilizamos nos queda un volumen de 2921 metros cúbicos de aportación externa, como indicamos a continuación de calcular el movimiento de tierras.

Por lo tanto, de estos 2921 metros cúbicos 2100 serán árido y grava, y el resto terreno consolidado con el que se rematará la capa de pendiente.

3.3. A3 Vilar

Ubicación

El último tramo en el cuál estudiamos la actuación de la playa fluvial se ubica a 2.5 km aguas debajo de la segunda alternativa propuesta. Es decir, se encuentra más lejos del centro de Lugo que los dos tramos de estudio anteriores, en torno a 6 km del núcleo de población.

Su principal acceso es mediante un desvío de la N-VI a la altura del km 493, este desvío se encuentra a 900 metros de la futura playa. En cuanto al acceso a pie o a bicicleta, también cuenta con el paseo fluvial del Río Miño, aunque el paseo llega a este tramo con un peor acondicionamiento que a los dos tramos anteriores. Se concluye de esta forma que la calidad de los accesos es inferior en esta alternativa, aunque no dejan de ser unos accesos más que asequibles para dicha actuación.



En cuanto al terreno asociado a este tramo, se observa a simple vista que no cuenta con un acondicionamiento previo, a diferencia de los otros tramos. En cambio cuenta con un espacio de bancos con barbacoa bajo una arboleda.

Es importante comentar que no cuenta con construcciones cercanas a la ubicación, de hecho la más cercana es la nueva depuradora de Lugo, situada 400 metros aguas abajo.

Características geométricas

En la tercera alternativa observamos unas características geométricas diferentes a las dos primeras. No contamos con ningún área de recreo acondicionada en la actualidad, por lo tanto aumentarán considerablemente las labores de limpieza y acondicionamiento del terreno colindante al río.

En todo caso se contempla un área de recreo máxima de 7.000 metros cuadrados, una vez realizadas las tareas de acondicionamiento. En cuanto a la zona de baño, como se observa, se crea un gran remanso en forma de curva, que permite una superficie total de baño de 15.000 metros cuadrados.

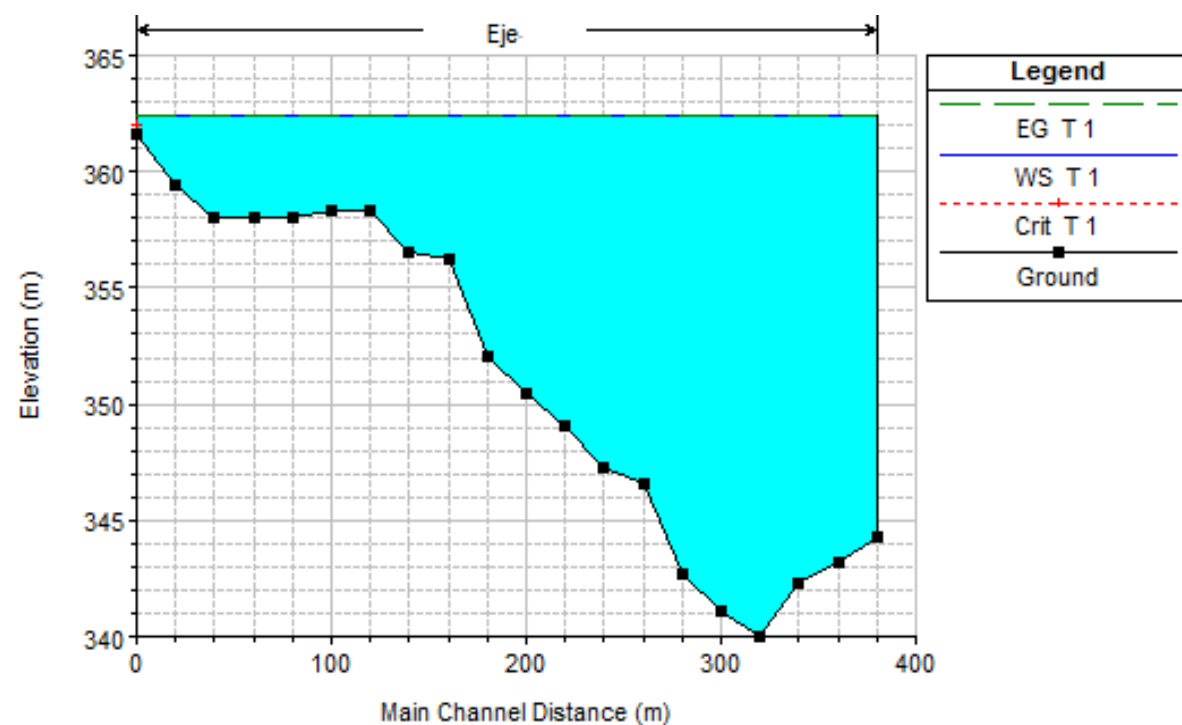
El tramo simulado para esta alternativa mediante el programa HEC-RAS es de tan solo 400 metros (20 secciones), debido a que el recorrido del río en este punto favorece la simulación unidimensional. No es

necesario modular un tramo mayor ya que el primer punto de este, está a continuación de una forma recta en la cuenca del río.

Corresponden a la zona de actuación de la playa las secciones del intervalo; [100,240]. Utilizando estas secciones para calcular la pendiente transversal media del cauce, se obtiene una pendiente media de 6,5 % en el margen izquierdo del río. Registrándose un máximo de 11,5 % en el PK 200 y un mínimo de 3,3 % en el PK 140.

En cuanto a la pendiente longitudinal de la cuenca del río también nos favorece en este tramo, de la misma forma que en los anteriores. Gracias a la presencia del azud el fondo del río eleva su cota a medida que avanza hacia él. Produciéndose de esta forma un remanso de agua que aprovecharemos para la zona de baño.

Para comprender lo que ocurre en todo el tramo simulado, se adjuntan el siguiente gráfico del perfil longitudinal.



Distinguimos entre los calados máximos de la playa y los del resto de la zona de baño, para que resulte más intuitivo a la hora de comparar con otras alternativas:

- Secciones de la playa fluvial: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo en torno a los 6 metros en las secciones aguas arriba, así como un calado máximo medio de 4,1 metros en

toda el área perteneciente a la ubicación del arenal. Manteniéndose en todas las secciones un calado máximo superior a los 3 metros.

- Secciones del área de baño: Para un caudal medio diario, registramos un calado máximo de 15 metros en las secciones situadas aguas arriba, así como un calado máximo medio superior a 7 metros en toda el área de baño disponible.

La forma en planta de la cuenca del río en este punto marca la diferencia con respecto a las otras dos alternativas propuestas. Aguas arriba al emplazamiento trae una alineación recta como ya adelantamos pero aguas abajo se produce una curva de gran envergadura. El azud se sitúa inmediatamente posterior a la curva, produciendo de esta forma un remanso de agua en la zona de actuación. Este efecto de embalse es mayor en este tramo debido a que la orografía del fondo del cauce se eleva de forma más pronunciada, como podemos comprobar con los calados y el perfil longitudinal.

Viabilidad técnica de las obras a ejecutar

De la misma forma que en los otros tramos de estudio, para llevar a cabo la playa proyectada serán necesarias una serie de obras, que puedan proteger y acondicionar el tramo para su futuro uso. En todo caso, la mejor época para realizar las obras sería el verano que es cuando el río lleva menos caudal.

Los distintos trabajos a realizar para que la playa sea viable en el primer tramo de estudio son:

- Limpieza y desbroce:**

Tal y como adelantamos este tramo no cuenta con acondicionamiento previo, por lo tanto serán necesarios los trabajos de limpieza y desbroce en la parcela colindante al río. Parte de esta parcela formará parte del arenal proyectado y la otra parte del área de recreo. Desde esta parcela cruzando el paseo fluvial se accede al merendero existente.

En total necesitaremos desbrozar una superficie de 5.550 metros cuadrados. Contando además de la parcela comentada la retirada de maleza del margen izquierdo.

- Movimiento de tierras:**

De la misma forma que en las alternativas anteriores, estimamos el movimiento de tierras a partir de la limitación de la pendiente del 5 % y la cota del muro sumergido en cada sección transversal perteneciente al arenal.

Intersecando e interpolando cada una de las secciones transversales, calculamos la siguiente tabla:

Secciones	Área desmonte	Área terraplén	Volumen desmonte	Volumen terraplén
PK 120	15	26.3		
PK 140	6	54.36	210	806.6
PK 160	7.5	29.8	135	841.6
PK 180	0.625	44.3	81.25	741
PK 200	1.25	25	18.75	693
PK 220	1.87	5.1	31.2	301
		TOTAL	476.2	3383.2

Se pretende utilizar el volumen de material desmontado para el terraplén, por lo tanto necesitaremos un total de 2907 metros cúbicos de terreno de aportación. Más tarde, en cuanto calculemos la aportación de árido necesario, discerniremos entre qué proporción se lleva el árido y cuál se lleva el terreno consolidado.

- **Restauración del azud:**

A diferencia de los otros tramos, el azud existente se ha desplomado en el extremo que incumbe a nuestro margen de actuación. Por lo tanto será necesario restaurar esta parte de azud, para conservar los sedimentos depositados. Solo se contempla la construcción del azud con la misma tipología, materiales y dimensiones que la parte existente. Por lo tanto se construirá mediante cantos de piedra natural colocados ortogonalmente a la horizontal, en este caso al cauce del río en ese punto.

La parte de azud derruido corresponde a una longitud de 2.5 metros, con lo que las dimensiones del azud proyectado son: 2.5 metros de longitud, 3 metros de altura y 2 metros de ancho. El volumen de piedra necesario rondará los 15 metros cúbicos.

- **Muro sumergido:**

En esta ocasión, debido a la orografía del tramo trataremos de crear un banco de arena en forma de sector circular. Para ello realizaremos un muro que parta del margen izquierdo a la altura del PK 220 y que continúe de forma circular hasta el azud. La cota del muro será constante y de sección variable

debido a la pendiente longitudinal de la cuenca en este tramo. Dicha cota será inferior a la lámina de agua, permitiendo un calado de 1 metro para un caudal medio diario.

Para cubrir la playa diseñada de 100 metros de longitud se plantea un perímetro de 120 metros de muro subacuático, con ancho constante de 1.5 metros. La altura de este varía entre 3 y 6 metros dependiendo de la sección. Interpolando la altura de las secciones estudiadas podemos estimar un volumen de muro en torno a 765 metros cúbicos.

- **Malla geotextil:**

De la misma forma que en el resto de alternativas se propone el uso de un fieltro anticontaminante para separar el terreno consolidado del árido de aportación. Con la intención de evitar que crezca la vegetación e impermeabilizar el arenal de los lodos que pueda acarrear el cauce.

En este caso será necesaria una superficie de malla geotextil de 2000 metros cuadrados para que cubra la totalidad de la playa.

- **Aportación de árido:**

Para la terminación de la playa fluvial se llevará a cabo la extensión de una capa de árido de 0.5 mm de diámetro. Se establece un espesor de 60 cm por toda la superficie de la playa, por lo tanto el volumen de árido a colocar es de 1200 metros cúbicos.

Una vez descontado el terreno desmonte que reutilizamos nos queda un volumen de 2907 metros cúbicos de aportación externa, como indicamos a continuación de calcular el movimiento de tierras.

Por lo tanto, de estos 2907 metros cúbicos 1200 serán árido y grava, y los 1700 restantes será terreno destinado a rematar la capa de pendiente.



4. Metodología y criterios de valoración

Una vez descritas las distintas alternativas y sus características, necesitamos un método para poder compararlas, contabilizando todos los aspectos que las incumben de una forma racional en función del objeto del proyecto.

De esta forma, evaluaremos cada alternativa mediante cuatro criterios:

- Técnico.
- Económico.
- Social.
- Ambiental y visual.

Asimismo, cada criterio será desglosado en diferentes aspectos o parámetros, para que dentro de ellos queden contabilizadas todas las características de las tres alternativas. Algunos de estos parámetros no podrán ser valorados en la misma unidad para todos los criterios. Para poder compararlos ponderaremos cada uno de estos parámetros en función del objeto de la actuación.

Describiremos brevemente cada uno de estos criterios, enumerando los distintos aspectos correspondientes a ellos. Más tarde en la valoración de las alternativas volveremos a desglosar dichos aspectos, justificando sus valores para cada alternativa y sus pesos para todas ellas.

- **Técnico**

El criterio técnico es obvio, desde el punto de vista de que la obra realizada ha de satisfacer los objetivos previamente recogidos y la finalidad que se le presupone. Así, se buscará en todo momento el correcto funcionamiento de la solución planteada tanto con la obra una vez finalizada como durante la construcción de la misma; a fin de que permita, con un mínimo coste y afección, la satisfacción del resultado final para sus fines previos.

Por lo tanto a la hora de evaluar el criterio técnico, contaremos con los siguientes aspectos:

- Complejidad de la obra: Tiene en cuenta el número de operaciones a realizar en cada tramo y la dificultad de estas.

- Vida útil: Se valora cada tramo en función de la energía del flujo en ese punto y del área de cada alternativa. Tanto la energía como la velocidad del flujo es inversamente proporcional a la vida útil de la playa.

- **Económico**

Desde el punto de vista económico, nos interesa la opción más barata. Para ello, se procurará que la solución técnica elegida sea consecuente con el problema a solucionar y no se exceda en complejidad, disminuyendo así de manera directa el coste de la obra. De esta manera, el factor económico irá íntimamente ligado al técnico.

Por lo tanto estimaremos el coste o inversión inicial en cada alternativa a partir de las obras a ejecutar en ella. En este caso todos los aspectos se pueden cuantificar en la misma unidad monetaria, facilitándonos la comparación entre los tramos. Los costes principales son: Muro, Aportación de árido, desbroce y limpieza, malla geotextil y otras obras específicas de cada alternativa que no es necesario realizar en todas ellas.

- **Social**

Debido al objeto del proyecto, falta de zonas de baño para la población de Lugo, este criterio será el más importante en nuestro estudio. El factor social contempla distintas variables a tener en cuenta, no todas las variables son cuantificables en la misma unidad, por lo tanto ponderaremos cada uno de estos aspectos respecto a la importancia que tienen.

De esta forma los aspectos a valorar en este criterio son los siguientes:

- Área de baño disponible.
- Área recreativa disponible.
- Accesos y cercanía al núcleo de la población.
- Uso actual de la ubicación para el baño.

- **Ambiental y visual**

El impacto medioambiental es de suma importancia dada la interacción directa de la obra con el río Miño y su entorno fluvial, de elevada riqueza animal y vegetal. Las actividades a realizar han de modificar lo mínimo posible dichos elementos, procurando conservar el ambiente idóneo para que no se sufran cambios en el entorno, o éstos sean los menores posibles.

Criterios como el paisajístico o el ambiental son susceptibles a discusión dependiendo del punto de vista desde el cual se enfoque, o de la apreciación personal de cada individuo. En nuestro caso abordaremos esta evaluación de la siguiente forma:

- Área del cauce del río modificada.
- Área del entorno del río modificada.
- Efecto visual provocado con la actuación.

La valoración final será la suma ponderada de cada uno de los criterios anteriores. Es decir, como no todos los criterios desarrollados contienen la misma importancia, cada uno requiere un peso. Para evaluar de una forma sencilla los criterios entre sí, los compararemos uno a uno mediante una tabla. Esta tabla nos facilitará el peso que cada tendrá criterio.

Dado que todos los criterios conllevan su importancia, todos partirán con un punto antes de compararlos uno a uno. De esta forma obtenemos la siguiente puntuación.

Criterio	Económico	Técnico	Social	Ambiental	TOTAL	Ponderación
Económico		1	0	1	3	0.300
Técnico	0		0	0	1	0.100
Social	1	1		1	4	0.400
Ambiental	1	0	0		2	0.200

Como indicamos cada uno de los criterios obtiene un punto para asumir su importancia. De esta forma el criterio más importante es el social dado que el objeto del proyecto es solucionar la ausencia de zonas de baño que sufre la población.

En cuanto al criterio ambiental, como comentamos con anterioridad posee una gran importancia, pero partiendo del hecho de que en todas las alternativas modificaremos el área actual, este criterio no será el más significativo a la hora de evaluar los diferentes tramos. Por lo tanto le damos mayor peso al criterio económico frente al ambiental.

De la misma forma y debido a que todas las alternativas están planteadas para cubrir las necesidades técnicas, este criterio será el menos importante

5. Valoración de las alternativas

Una vez se han mostrado y explicado las posibles actuaciones a llevar a cabo y la metodología a la hora de evaluarlas, es necesario realizar el análisis de las mismas para obtener de dicho análisis la solución que resulte más idónea al problema planteado.

Por lo tanto evaluaremos todas las alternativas criterio a criterio, de forma que sean más intuitivas las diferencias que se produzcan entre ellas. A continuación se unificarán todos los resultados en una matriz homogeneizada.

A partir de esta matriz y multiplicando cada término por el peso correspondiente a cada criterio conseguiremos la matriz ponderada.

- **Técnico:**

Como ya indicamos, dividiremos el criterio técnico en dos parámetros ponderados con un distinto peso. El primero trata sobre la complejidad de cada una de las obras a ejecutar en las distintas alternativas. Valora la dificultad de realizar las distintas obras en función de las características que ofrece cada alternativa. Como el valor más pequeño es el que obtiene un mayor beneficio técnico, la valoración positiva se refleja sobre 10 en función de la mejor alternativa.

Alternativas	Complejidad de las obras a ejecutar							
	Muro de abrigo		Movimientos de terreno		Malla geotextil		Limpieza y desbroce	
	Medición	Dificultad	Medición	Dificultad	Medición	Dificultad	Medición	Dificultad
A1	660	0.7	9786.73	0.2	10000	0.05	674	0.2
A2	1000	0.75	3871	0.25	3500	0.05	720	0.2
A3	765	0.75	3859.4	0.25	2000	0.05	5500	0.2

Alternativas	Complejidad de las obras a ejecutar				Valoración sobre 10	
	Zanja para desvío		Reconstrucción azud			Valoración
	Medición	Dificultad	Medición	Dificultad		
A1	125	0.25	0	0	3085.396	6.601
A2	0	0	0	0	2036.75	10.000
A3	0	0	15	0.8	2750.6	7.405

Para obtener datos sobre el otro aspecto técnico a tener en cuenta, la vida útil, nos apoyaremos en la simulación con el programa HEC-RAS. A partir del área sumergida de la actuación y de la velocidad media de flujo en régimen medio, es decir con un caudal medio anual.

Alternativas	Vida útil			Valoración sobre 10
	Velocidad media del flujo	Área sumergida	Valoración	
A1	0.1875	4380	821.25	0.31535342
A2	0.02125	1900	40.375	6.4144644
A3	0.01962	1320	25.8984	10

En cuanto a los pesos de cada aspecto, se le da más importancia a la complejidad de las obras a ejecutar frente a la vida útil, debido a que este último aspecto tan solo es una comparación entre cada tramo, al no poder cuantificarlo en una unidad temporal. De esta forma a cada aspecto se le da un 0.8 y un 0.2 respectivamente.

Por lo tanto la valoración del criterio técnico se resume en la siguiente tabla:

Alternativas	Valoración criterio técnico	Valoración total sobre 100
A1	5.34	57.57
A2	9.28	100.00
A3	7.92	85.36

• Económico:

El punto más importante del criterio económico es la inversión inicial, es decir el coste de cada una de las obras necesarias para cada tramo. Por lo tanto estimamos este coste en las siguientes tablas de forma que quede claro cuál es la opción más barata.

Trataremos el precio unidad de una obra igual para todas las alternativas, aunque no sea totalmente preciso, la diferencia se considera despreciable debido a las características en común entre ellas. De esta forma obtenemos:

Alternativas	Costes									
	Muro de abrigo		Aporte de árido		Malla geotextil		Limpieza y desbroce		Aportación de terreno	
	Medición	Precio	Medición	Precio	Medición	Precio	Medición	Precio	Medición	Precio
A1	660	75	6000	15	10000	2	674	4	1863	5
A2	992	75	2100	15	3500	2	720	4	821	5
A3	765	75	1200	15	2000	2	5500	4	1700	5

Alternativas	Costes						Coste Total	Valoración total sobre 100
	Reconstrucción azud		Zanja para desvío cauce		Movimientos de tierra			
	Medición	Precio	Medición	Precio	Medición	Precio		
A1	0	70	125	6.5	9786.73	5.2	223214.496	58.69
A2	0	70	0	6.5	3871	5.2	140014.2	93.56
A3	15	70	0	6.5	3859.4	5.2	130993.88	100.00

En cuanto al coste anual, en el que se considera la regeneración de árido, nos apoyaremos en la simulación unidimensional de los diferentes tramos. Los datos de la velocidad media del flujo se obtienen a partir de una simulación en caso de inundación, es decir con un caudal máximo anual.

A parte del programa HEC-RAS también nos apoyaremos en la información que nos aportan los planos de inundación y de zonas de peligrosidad con sus respectivos periodos de retorno. Por lo tanto con la

velocidad del flujo y el volumen de agua que inunda cada playa proyectada podremos sacar una estimación que no sirve para comparar alternativa a alternativa.

Es importante dejar claro que no tenemos información suficiente en este punto del estudio para dar un valor exacto de regeneración anual. Este valor lo conseguiremos más tarde con la alternativa ganadora, en todo caso la siguiente estimación nos da una idea de cuál de las alternativas funciona mejor frente a este aspecto

Alternativas	Coste de regeneración anual					Coste anual
	Velocidad media del flujo	Volumen de agua inundable	Transporte de sedimentos (%)	Aporte de árido anual Medición	Precio	
A1	0.71875	9370.25	67.3	4040.92	15	60613.80
A2	0.1575	13765.75	21.7	455.30	15	6829.53
A3	0.13754	7368.75	10.1	121.62	15	1824.30

A la hora de valorar el criterio económico es necesario unificar la inversión inicial y el coste anual. Por lo tanto planteamos una situación de 10 años en la cual podemos contabilizar ambos costes. De esta forma obtenemos el coste anual total en las respectivas alternativas, como se indica en la siguiente tabla:

Resumen de costes					
Alternativas	Inversión inicial	Coste anual a los 10 años	Coste total a los 10 años	Coste anual total	Valoración total sobre
A1	223214.50	410347.27	633561.76	63356.18	24.53
A2	140014.20	68295.33	208309.53	20830.95	74.61
A3	130993.88	24435.98	155429.86	15542.99	100.00

Como podemos observar la alternativa número 1 tiene un coste demasiado elevado por culpa de la regeneración anual. En el caso de superarse los diez años planteados, cada alternativa incrementaría año a año el coste de regeneración de la playa, lo cual haría más grande la diferencia entre el coste de ellas.

• Social:

Ya que el objeto del proyecto es conseguir la máxima área de baño para Lugo, el criterio social es el más importante. Dicho criterio se dividirá en cuatro aspectos con diferentes pesos en función de su importancia.

La valoración final del criterio social será la suma ponderada de cada uno de los aspectos. Para evaluar de una forma sencilla los aspectos entre sí, los compararemos uno a uno midiendo su importancia.

Dado que todos los criterios conllevan su importancia, todos partirán con un punto antes de compararlos uno a uno. De esta forma obtenemos la siguiente puntuación:

Aspecto o sub-criterio	Área de recreo que permite	Regularidad del uso para baño	Área de baño disponible	Accesos y cercanía	TOTAL	Pesos
Área de recreo que permite		1	0	1	3	0.300
Regularidad del uso para baño	0		0	0	1	0.100
Área de baño disponible	1	1		1	4	0.400
Accesos y cercanía	1	0	0		2	0.200

De esta forma los aspectos a valorar en este criterio son los siguientes:

- Área de baño disponible.
- Área recreativa disponible. Área de recreo que permite.
- Accesos y cercanía al núcleo de la población.
- Uso actual de la ubicación para el baño. Regularidad de asistencia a la zona indicada para el baño, previa a actuación de la misma.

A la hora de evaluarlos nos apoyaremos de las mediciones comentadas en la descripción de cada alternativa, así como en visitas de campo en los períodos pertinentes. Por lo tanto la valoración final del criterio social, es la suma ponderada de las puntuaciones obtenidas en sus respectivos sub-criterios con los pesos indicados.

Alternativas	Área de baño disponible		Área de recreo que permite		Accesos y cercanía	Regularidad del uso para baño	Valoración criterio social	Valoración total sobre 100
	Medición	Valoración	Medición	Valoración	Valoración	Valoración		
A1	14000	9.33	12500	6.25	9	6	8.01	93.85
A2	12500	8.33	20000	10	8.5	5	8.53	100.00
A3	15000	10	7000	3.5	6	8	7.05	82.62

Alternativas	Área modificada del cauce	Área modificada del entorno	Área de impacto visual	Suma ponderada de las áreas	Valoración total sobre 100
A1	5310	870	2010	3375	49.85
A2	2230	930	1340	1682.5	100.00
A3	1720	5830	1290	2640	63.73

6. Resultado

Para poder integrar y sintetizar toda la información y resultados obtenidos tras el análisis de las variables para cada una de las alternativas, haremos uso de Modelos de Decisión Multicriterio. Para obtener así una valoración global de dichos resultados, que será la que nos indique la solución óptima.

Como tenemos diversos parámetros, aspectos y criterios para analizar emplearemos el Método de las Medias Ponderadas por ser el de aplicación más rápida y sencilla. Facilitando de esta forma el estudio, ya que es un método bastante intuitivo.

A la hora de aplicar el método de las medias ponderadas necesitamos la valoración de cada alternativa de acuerdo con los criterios establecidos, que se ha obtenido en el anterior apartado de este estudio. De esta forma ya podemos elaborar la Matriz Decisional. Se trata de una matriz compuesta por elementos $v_{i,j}$ que constituyen la valoración de cada alternativa i para cada criterio j .

1. Matriz Decisional:

Al realizar la valoración del apartado anterior homogeneizando cada uno de los criterios, ahora tan solo multiplicando cada uno de los criterios por su peso correspondiente ya obtenemos la Matriz de Medias Ponderadas. Con los datos de la Matriz Ponderada se puede obtener la puntuación de cada una como la suma de los elementos de cada fila, de la siguiente forma:

Alternativas	Criterio				TOTAL
	Económico	Técnico	Social	Ambiental	
A1	24.53	57.57	93.85	49.85	225.80
A2	76.63	100.00	100.00	100.00	376.63
A3	100.00	85.36	82.62	63.73	331.71

• Ambiental y visual:

Criterios como el paisajístico o el ambiental son susceptibles a discusión dependiendo del punto de vista desde el cual se enfoque, por lo tanto estudiaremos este criterio de una forma más sencilla. Como ya indicamos en el apartado anterior analizaremos esta cuestión evaluando los siguientes parámetros:

- Área del cauce del río modificada.
- Área del entorno del río modificada.
- Efecto visual provocado con la actuación.

Al tratar con un número reducido de parámetros, también se simplifica la designación de los pesos de cada uno de ellos. Debido a que el parámetro que contabiliza el área del cauce del río modificada es de mayor importancia, le asignaremos a este el doble de peso que a los otros dos. Por lo tanto la ponderación de cada parámetro es la siguiente:

Parámetros	Pesos
Área modificada del cauce	0.50
Área modificada del entorno	0.25
Área de impacto visual	0.25

Utilizando la información proporcionada en el apartado, viabilidad técnica de las obras a ejecutar, de cada alternativa, podemos rellenar la siguiente tabla. Valorando de esta forma el criterio ambiental y visual obtenemos:

**2. Matriz de Medias Ponderadas:**

Alternativas	Criterio				TOTAL
	Económico	Técnico	Social	Ambiental	
A1	7.360	5.757	37.539	9.970	60.626
A2	22.988	10.000	40.000	20.000	92.988
A3	30.000	8.536	33.047	12.746	84.329

No estaría de más comprobar con otros métodos multicriterio que la alternativa óptima es la número 2. En cambio en este caso la victoria de dicha alternativa es bastante clara, dado que consigue la mayor puntuación en tres de los cuatro criterios establecidos y quedando de segunda en el criterio restante.

Analizando los resultados obtenidos también se distingue con claridad que la primera alternativa queda descartada, pues obtiene una puntuación suspensa tanto en el criterio económico como en el ambiental.

En cuanto a la última alternativa, consigue un resultado global muy alto, de todas formas obtiene una puntuación menor en el criterio social, el que conlleva una mayor importancia. Por lo tanto escogemos la alternativa número 2 como lugar destinado a la actuación de la playa fluvial.




APÉNDICE 1:

Situación secciones HEC-RAS






SECCIONES

SECCIONES DE LA PLAYA:
[240,500]

	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Situación Secciones A1	Escala: 1:4.000	Nº de plano: Plano 1	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 1 de 1	



	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Situación Secciones A2	Escala: 1:3.000	Nº de plano: Plano 2	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 1 de 1	



SECCIONES

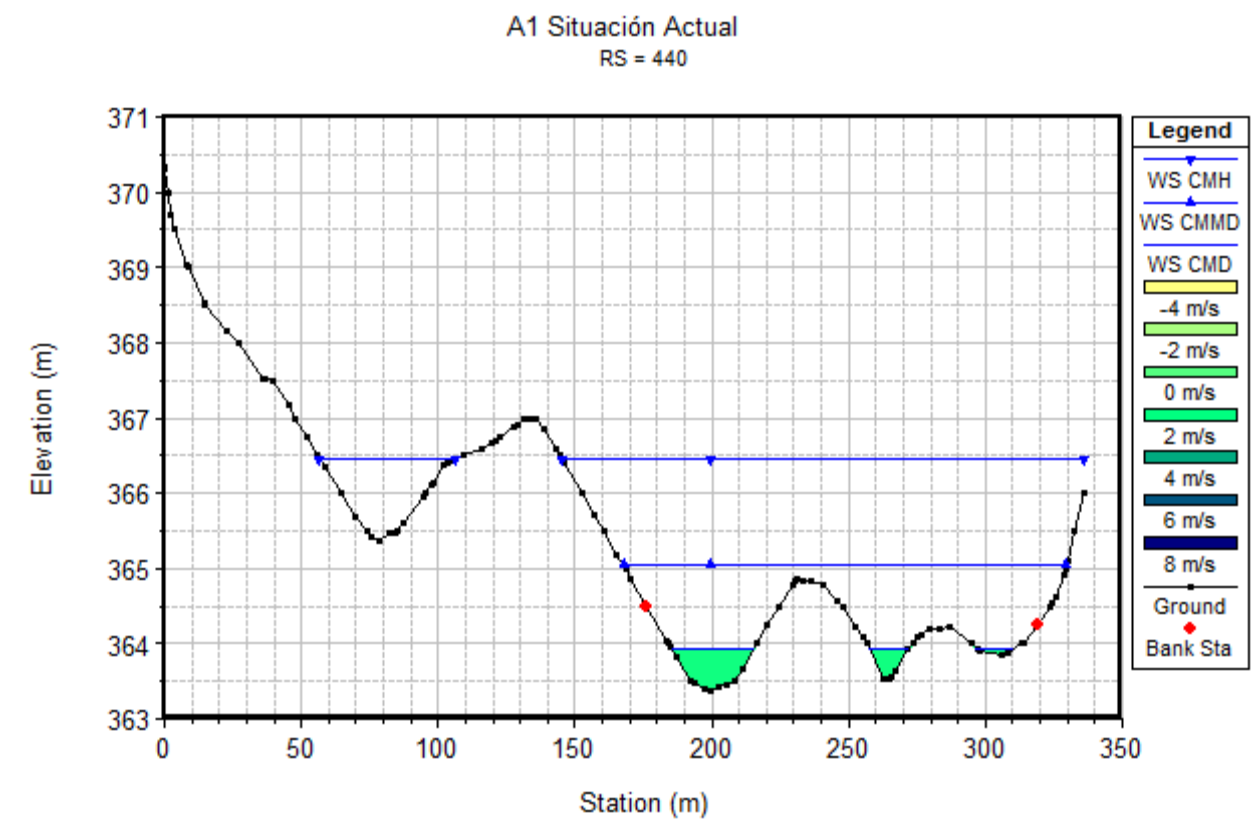
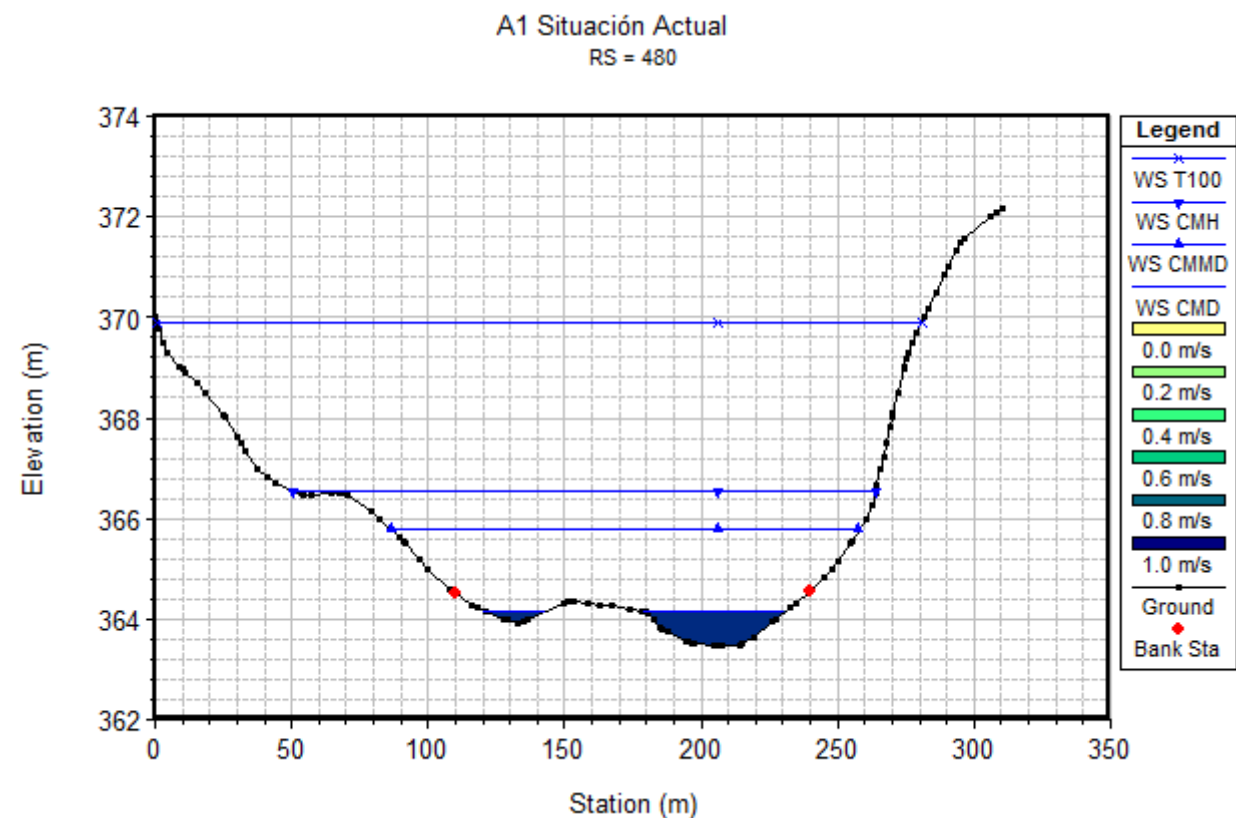
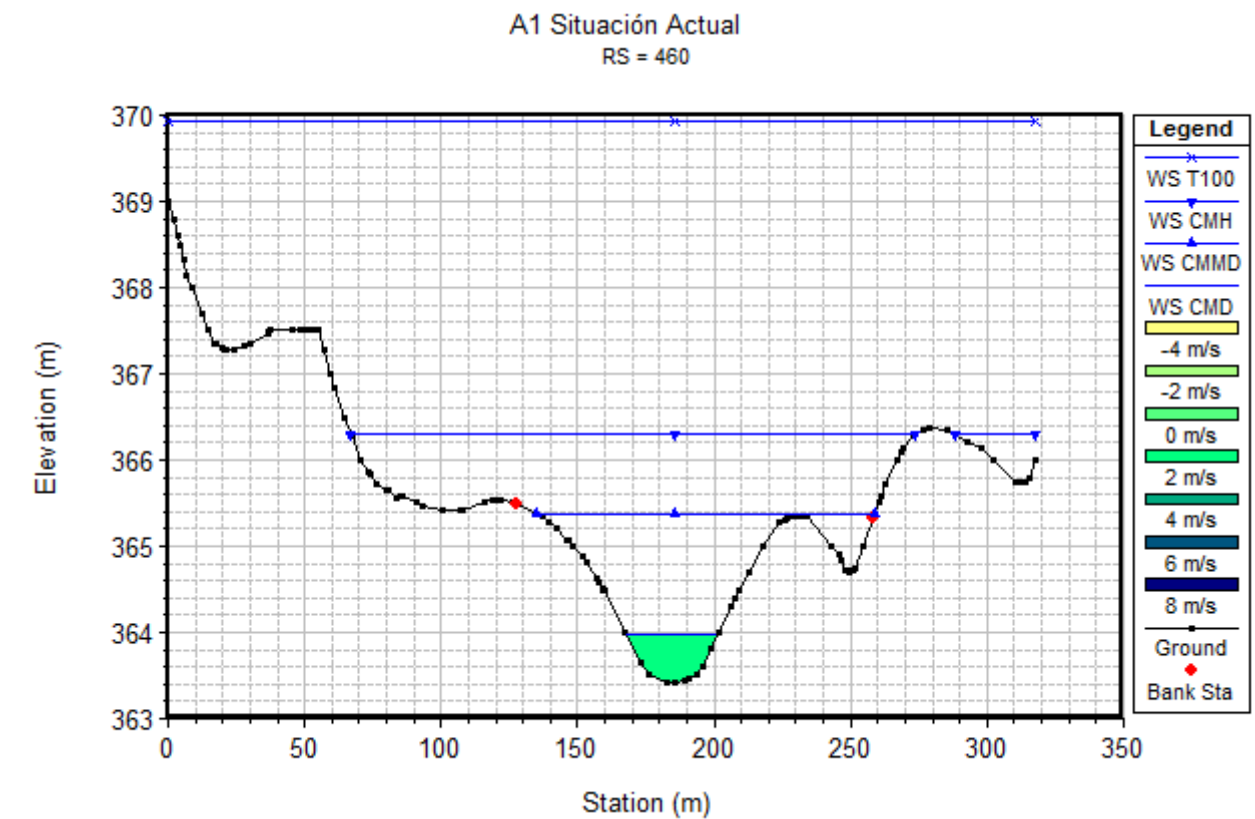
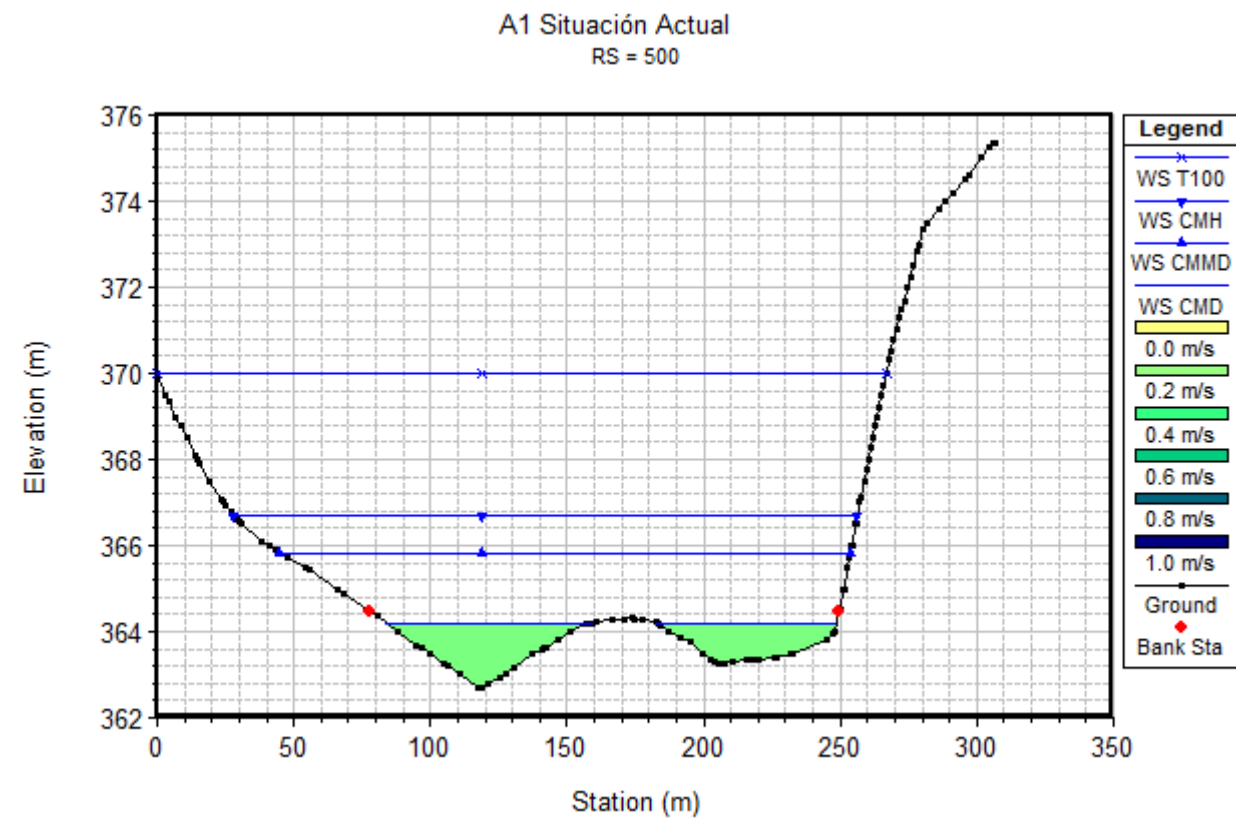
SECCIONES DE LA PLAYA:
[100,240]

	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Situación Secciones A3	Escala: 1:2.000	Nº de plano: Plano 3	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 1 de 1	

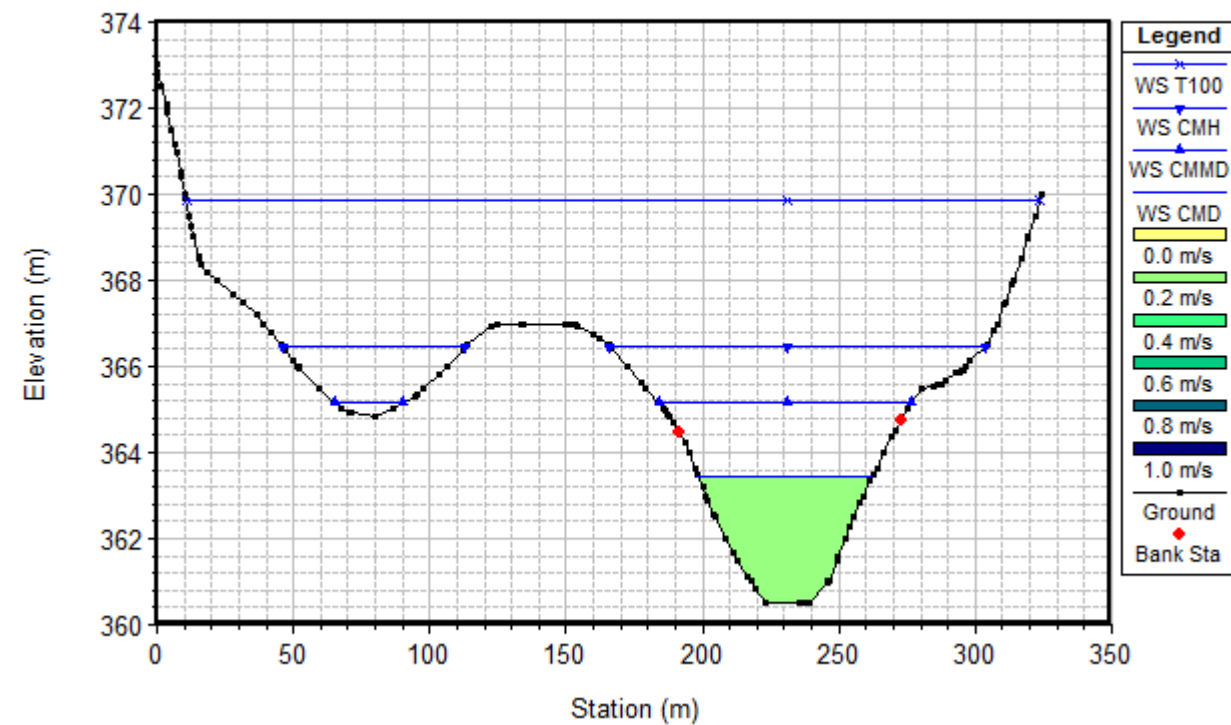


APÉNDICE 2:

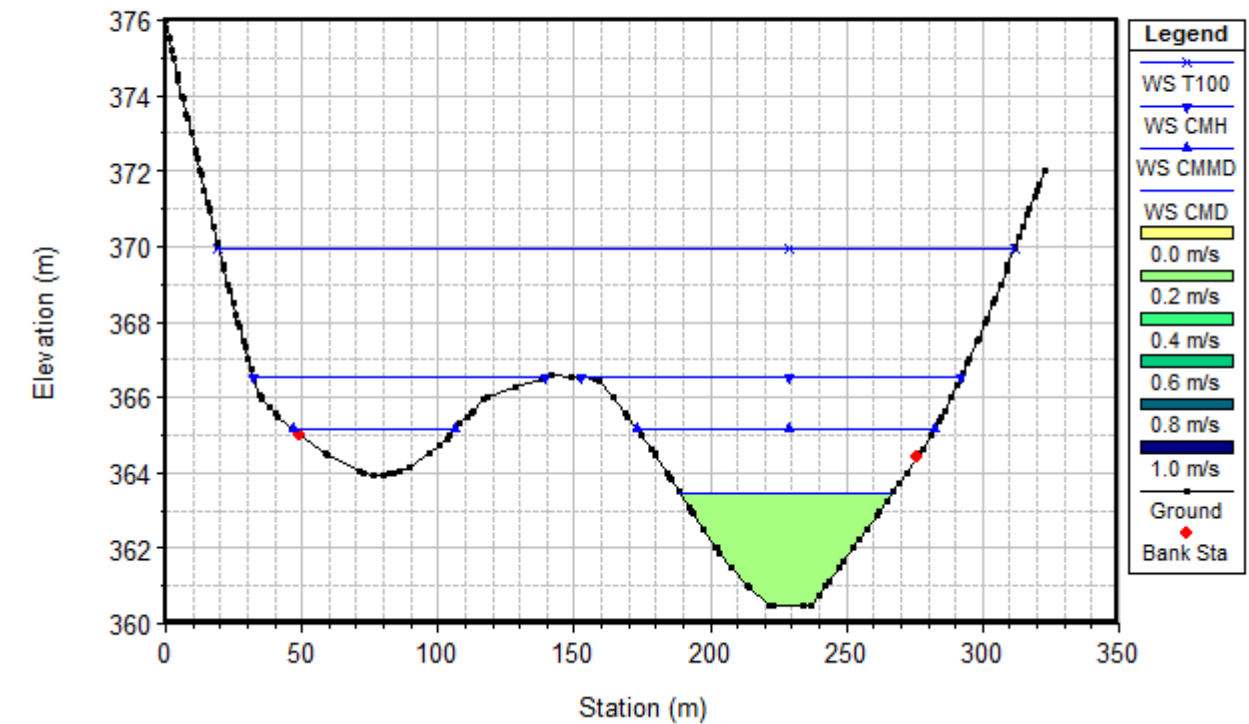
Modelo HEC-RAS Situación Actual A1



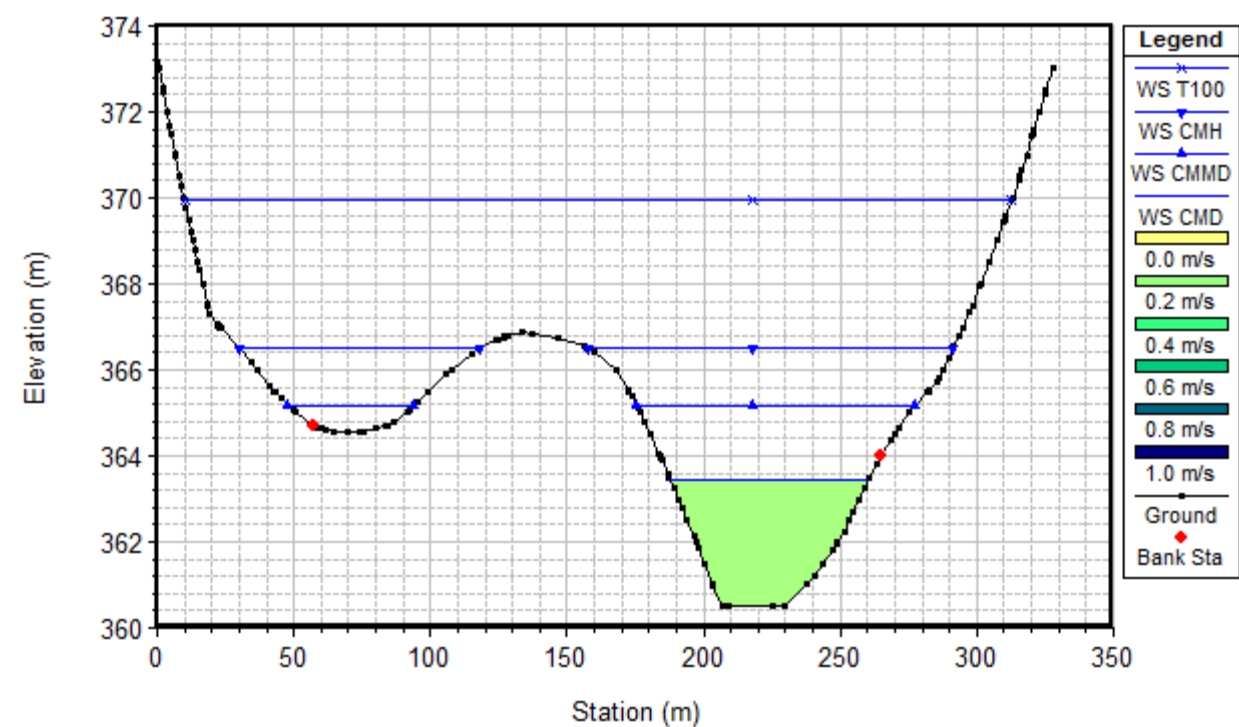
A1 Situación Actual
RS = 420



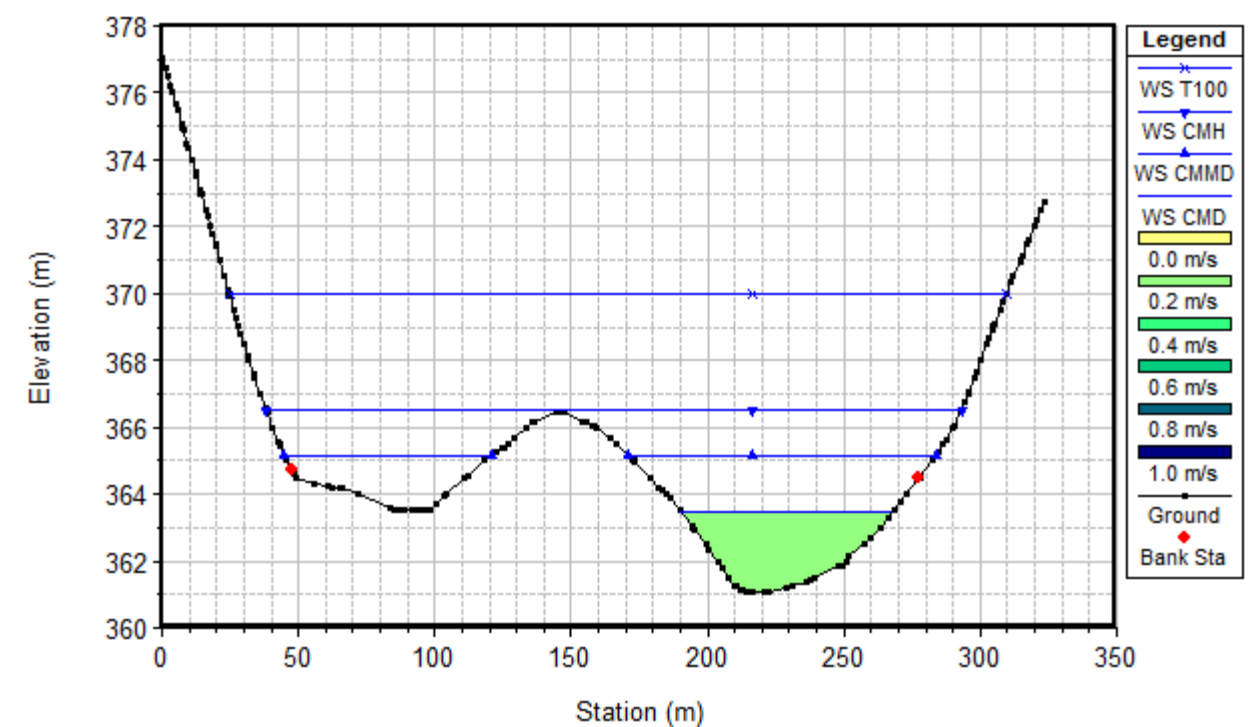
A1 Situación Actual
RS = 380

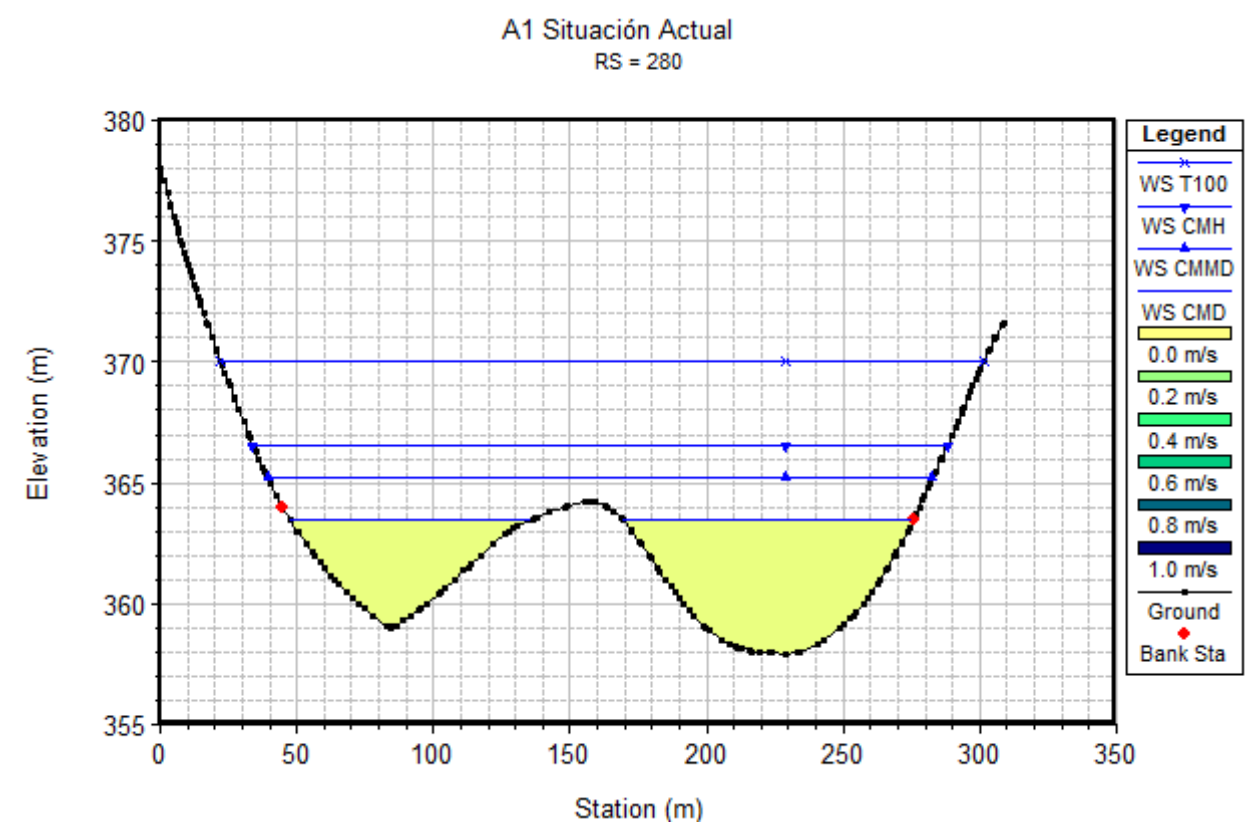
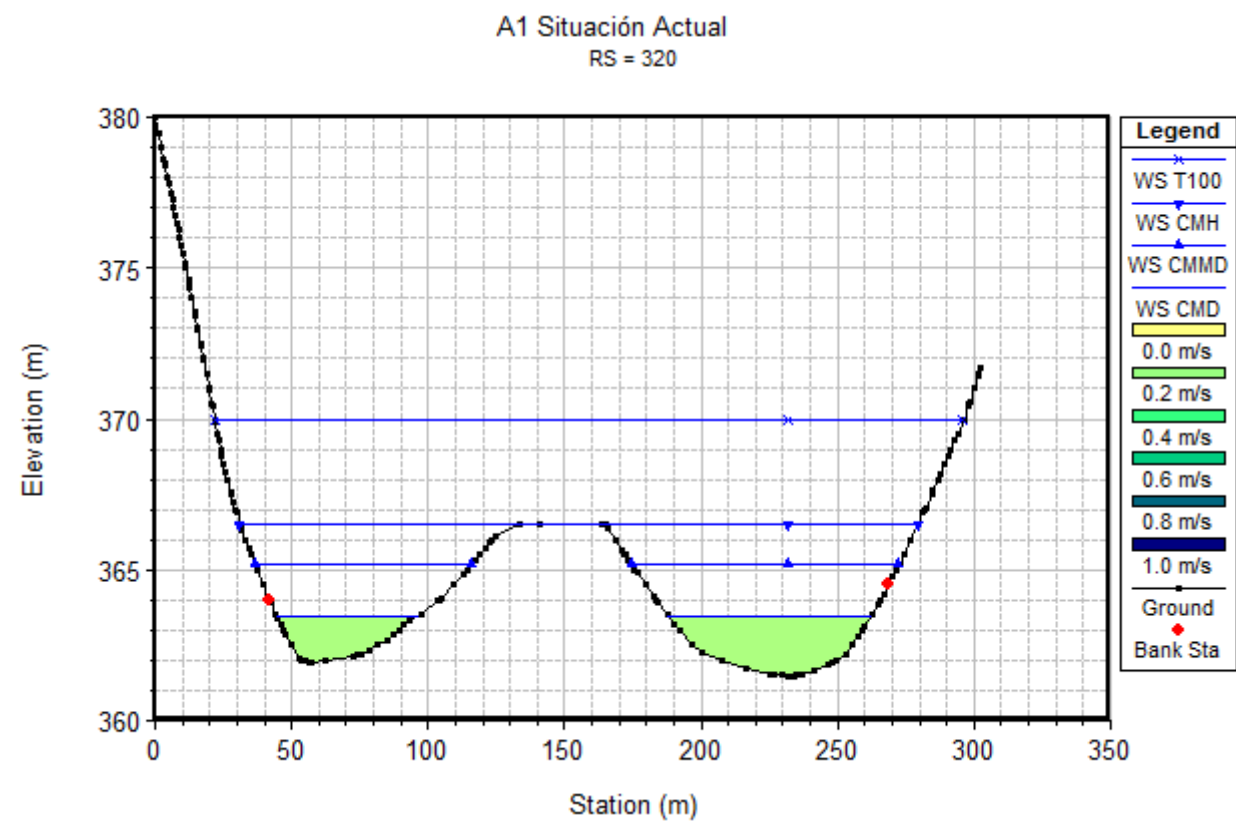
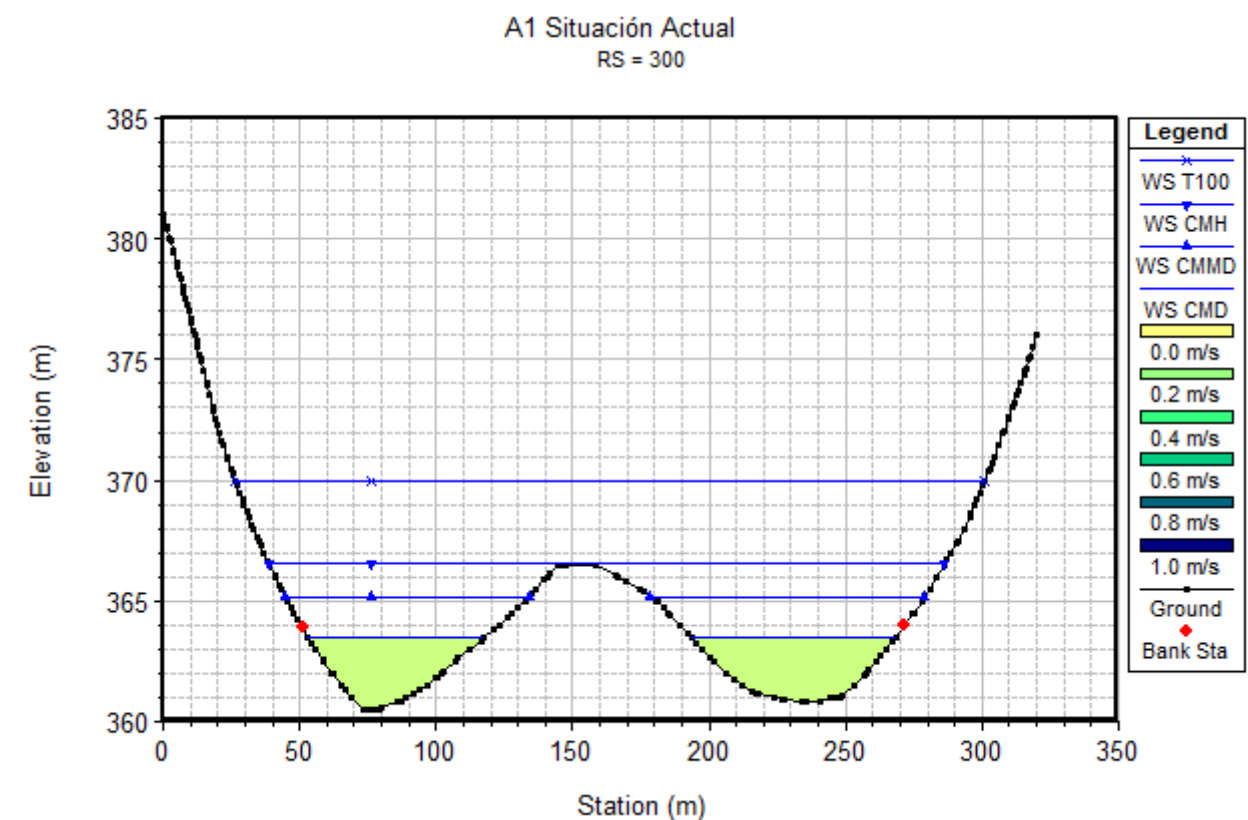
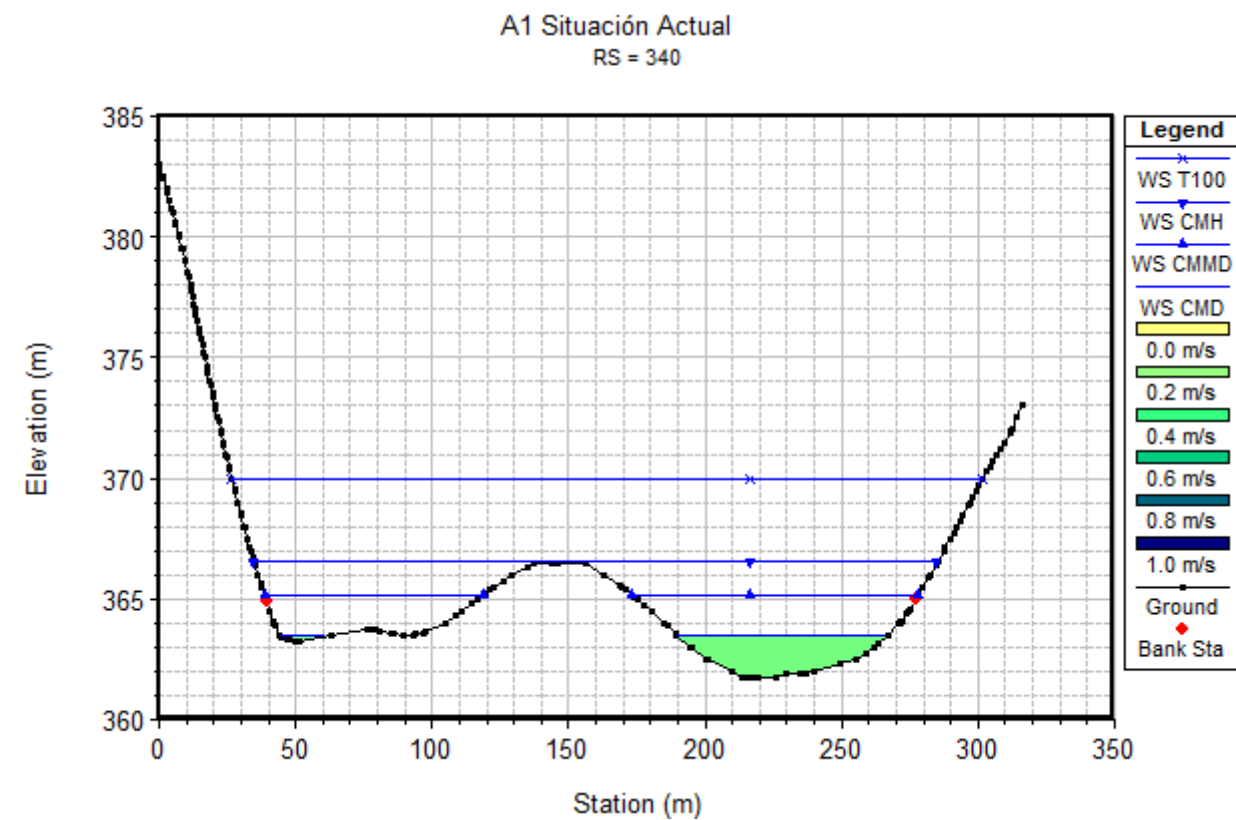


A1 Situación Actual
RS = 400



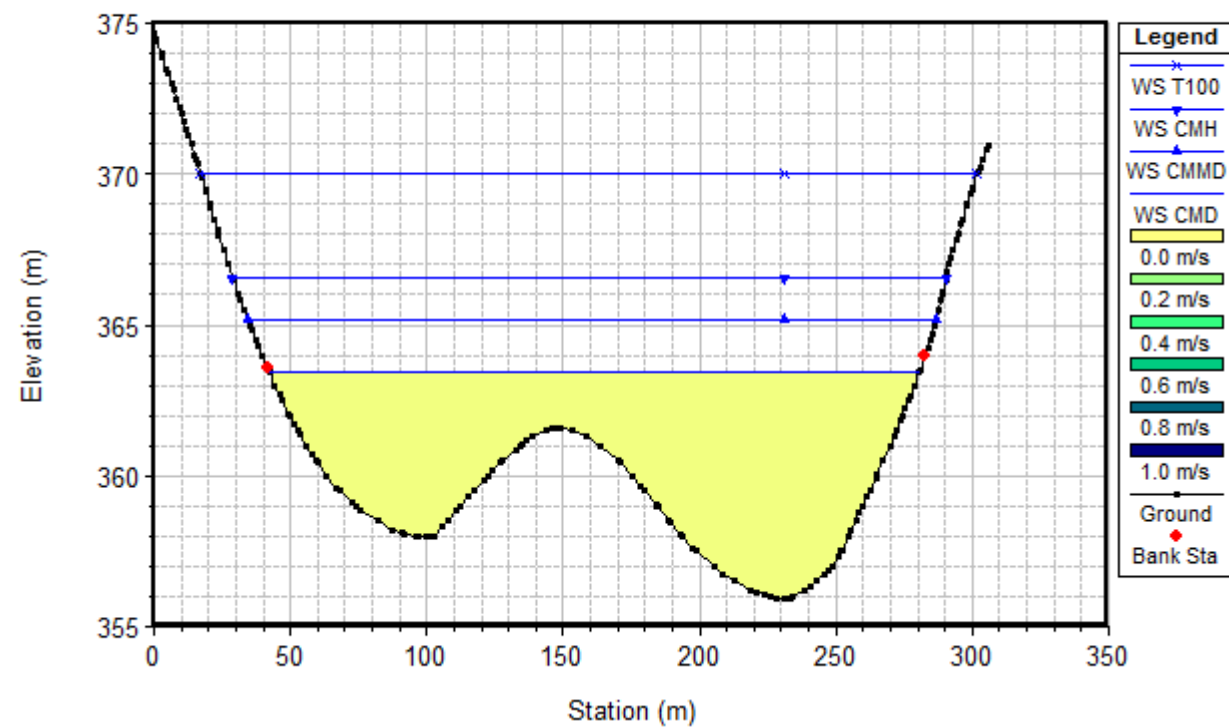
A1 Situación Actual
RS = 360



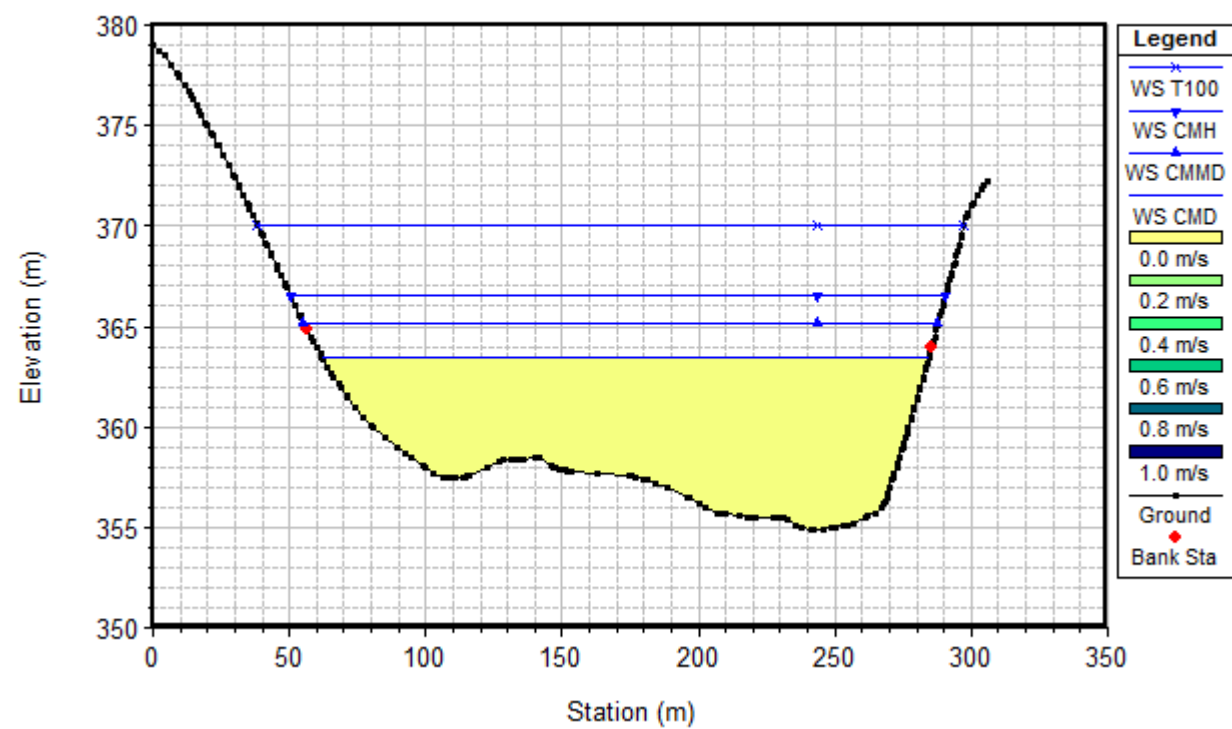




A1 Situación Actual
RS = 260



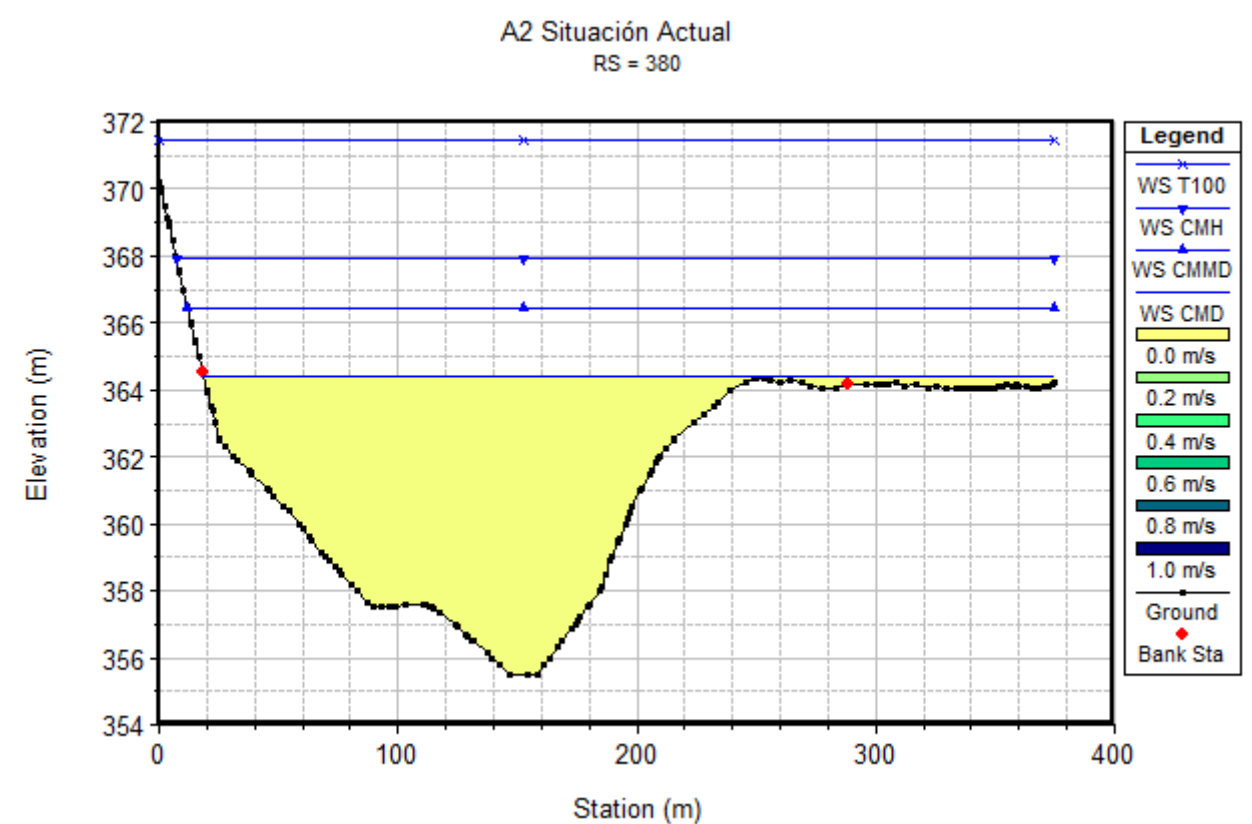
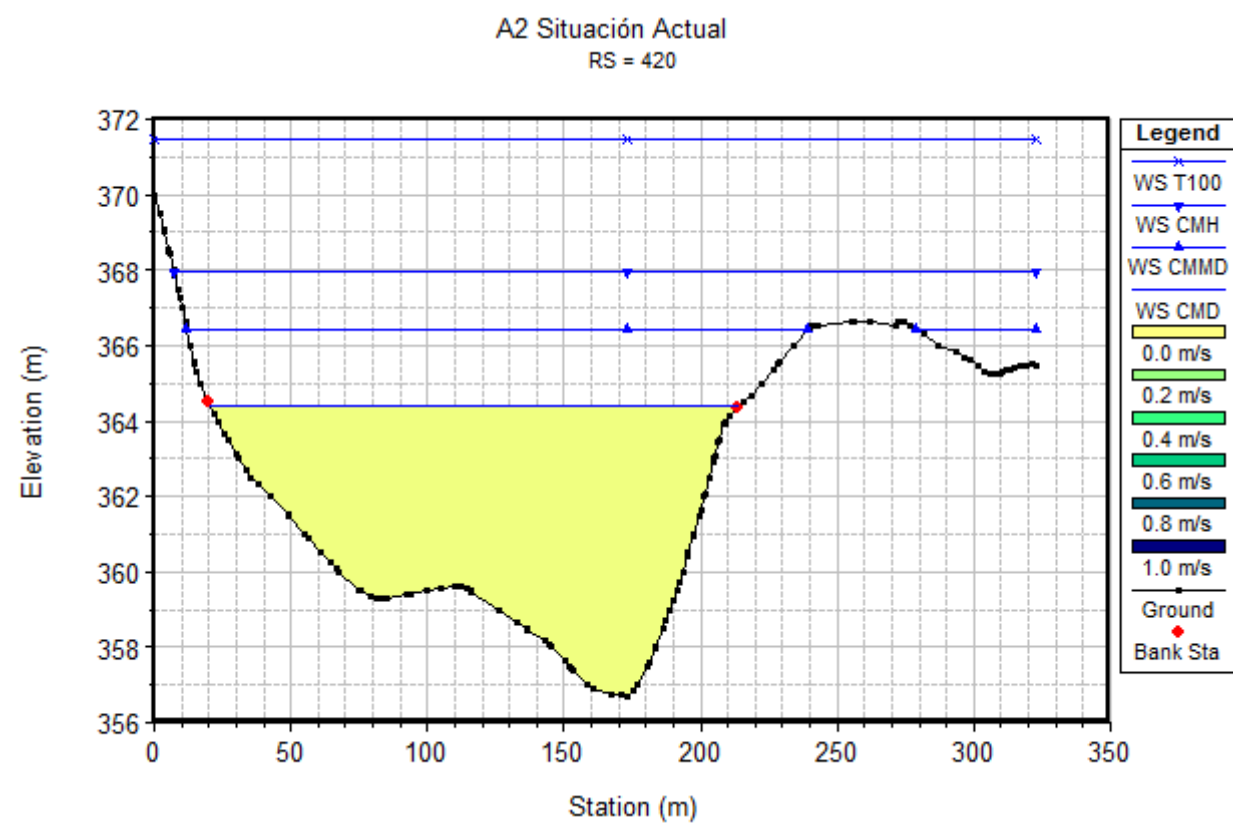
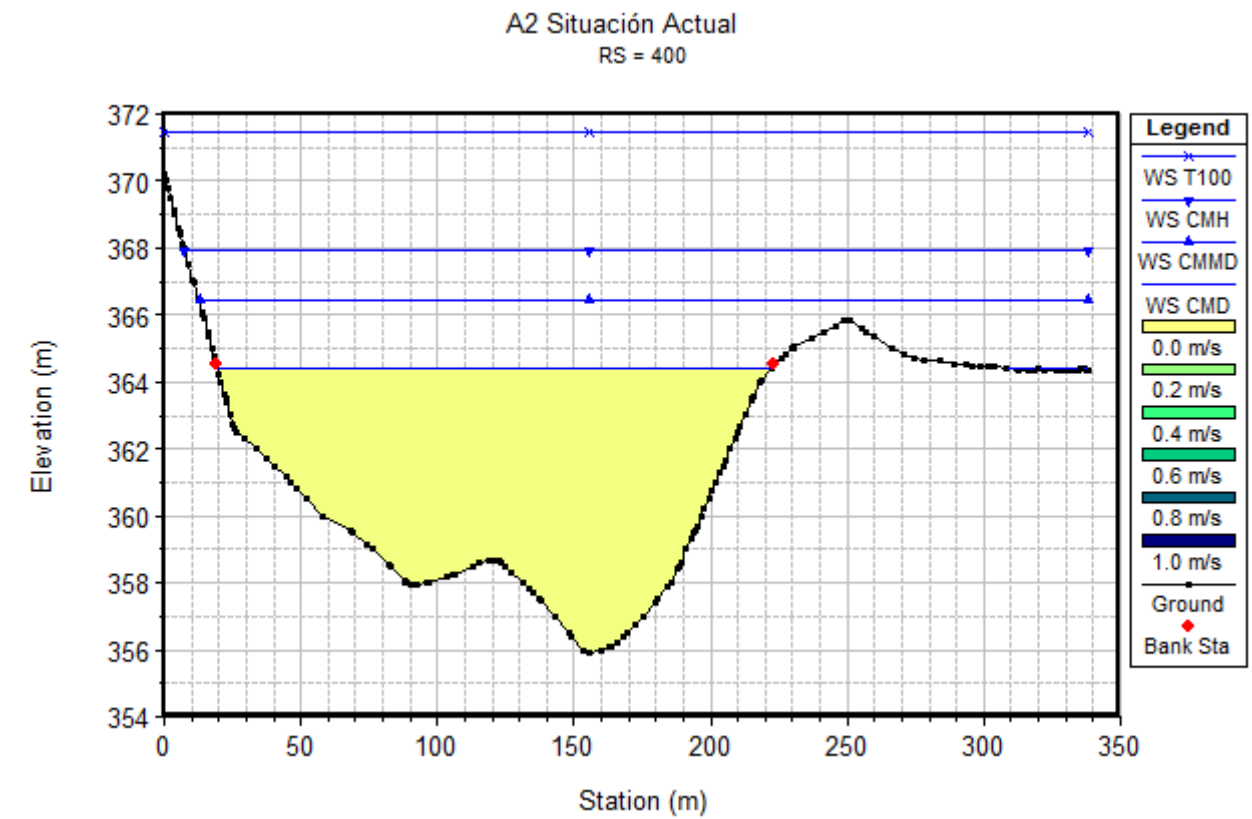
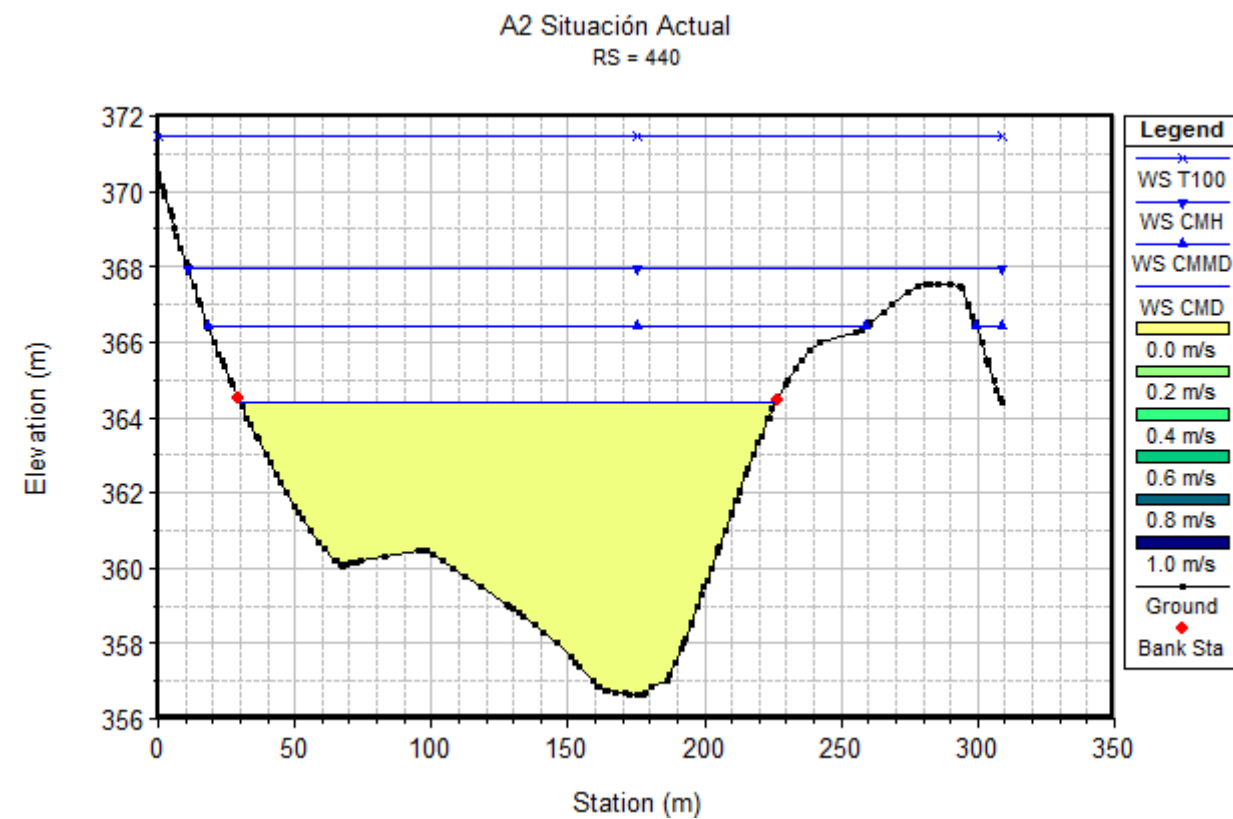
A1 Situación Actual
RS = 240

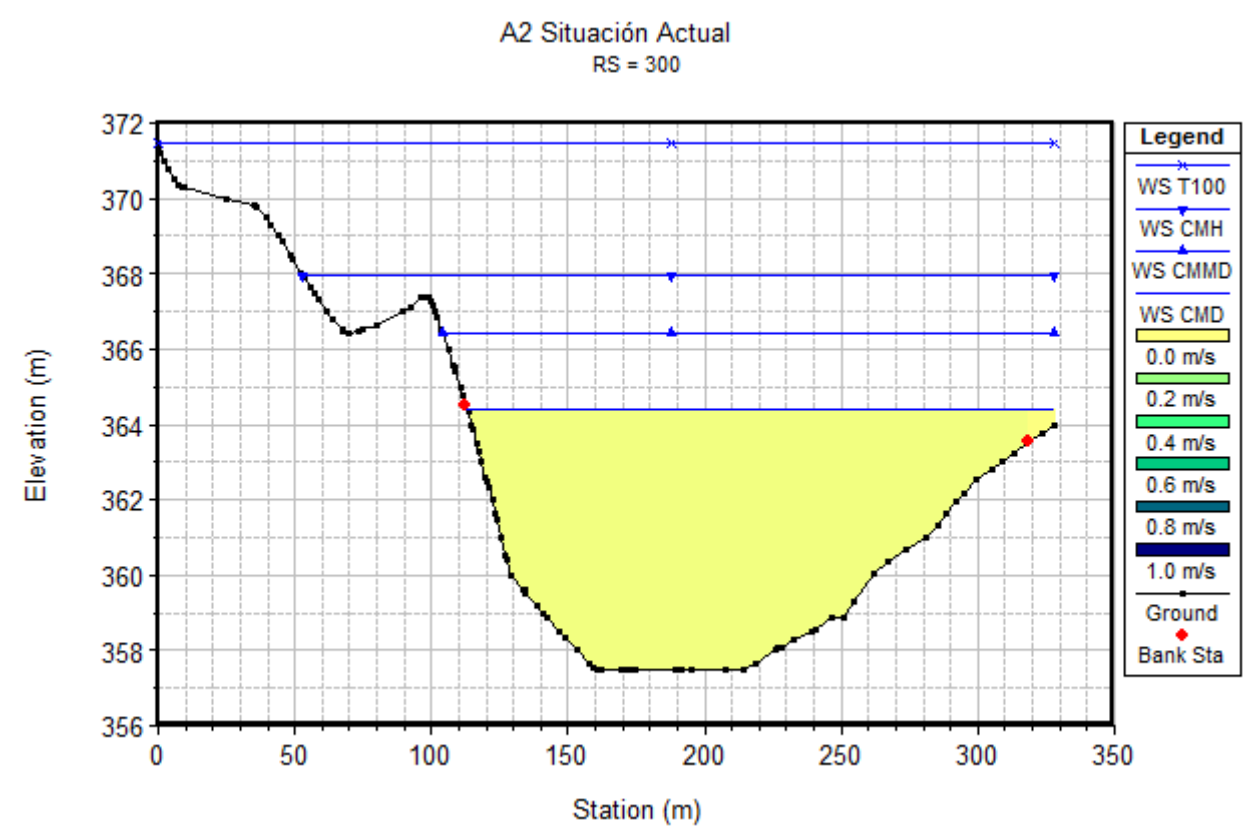
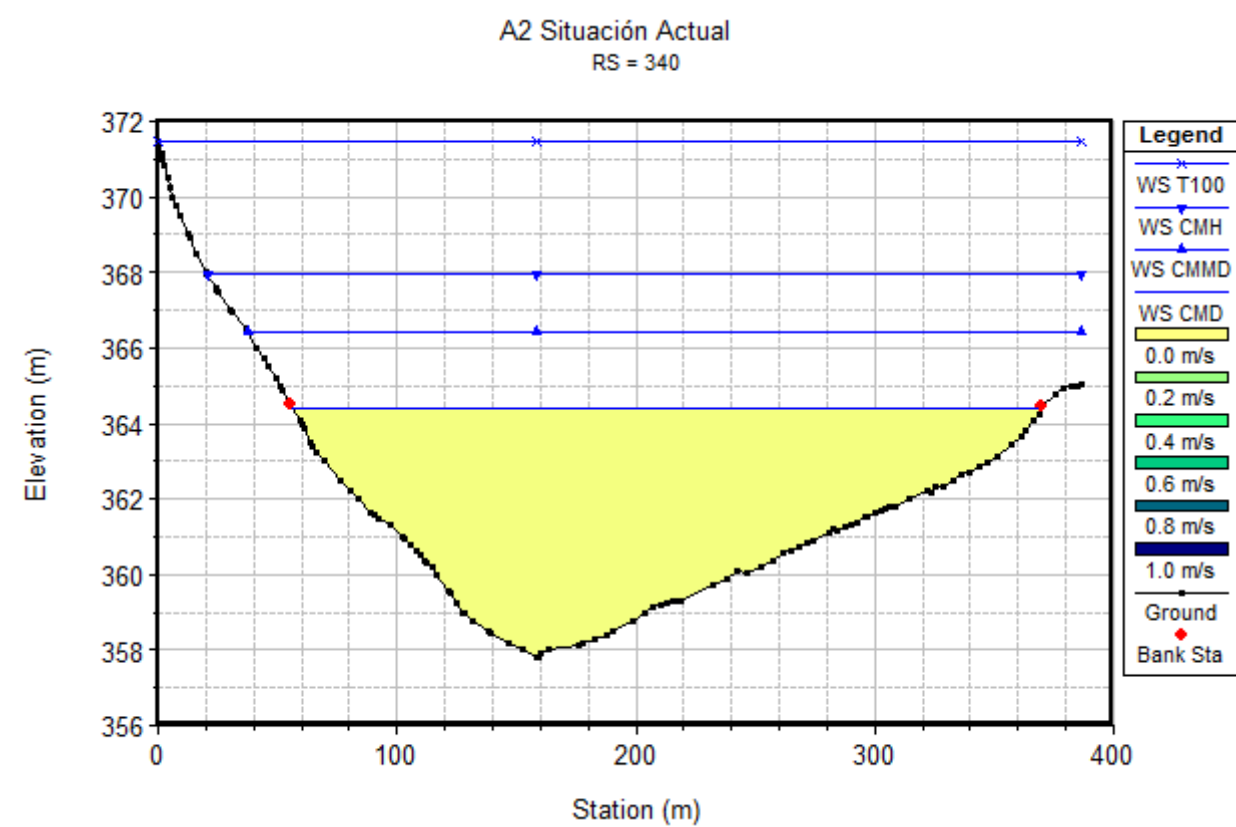
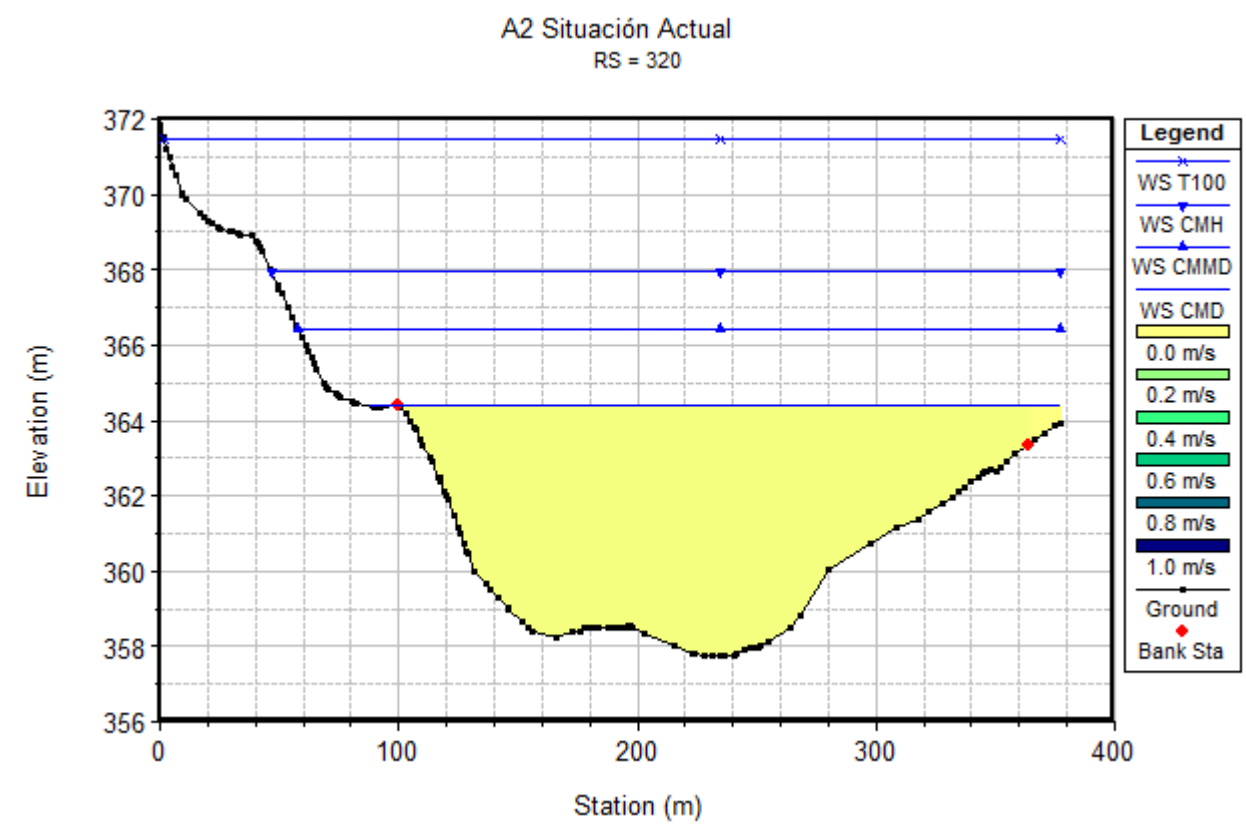
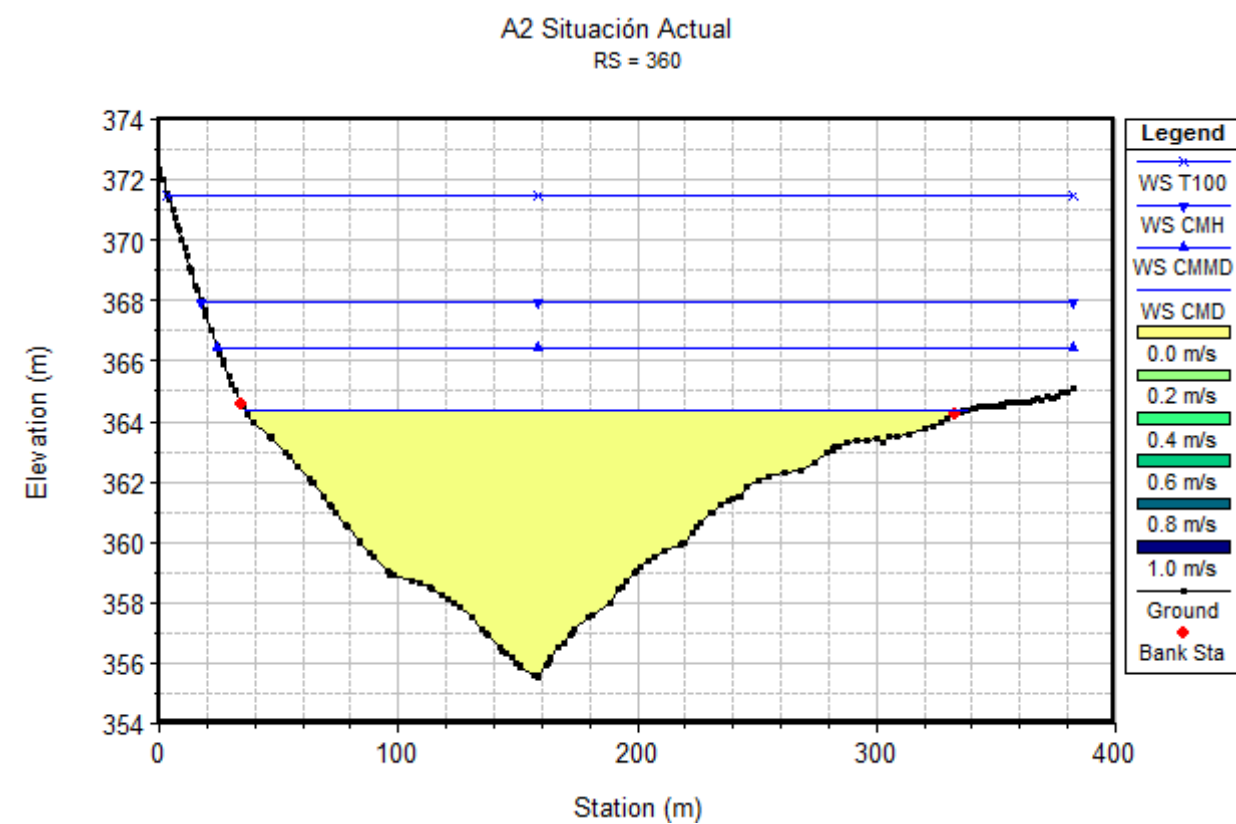


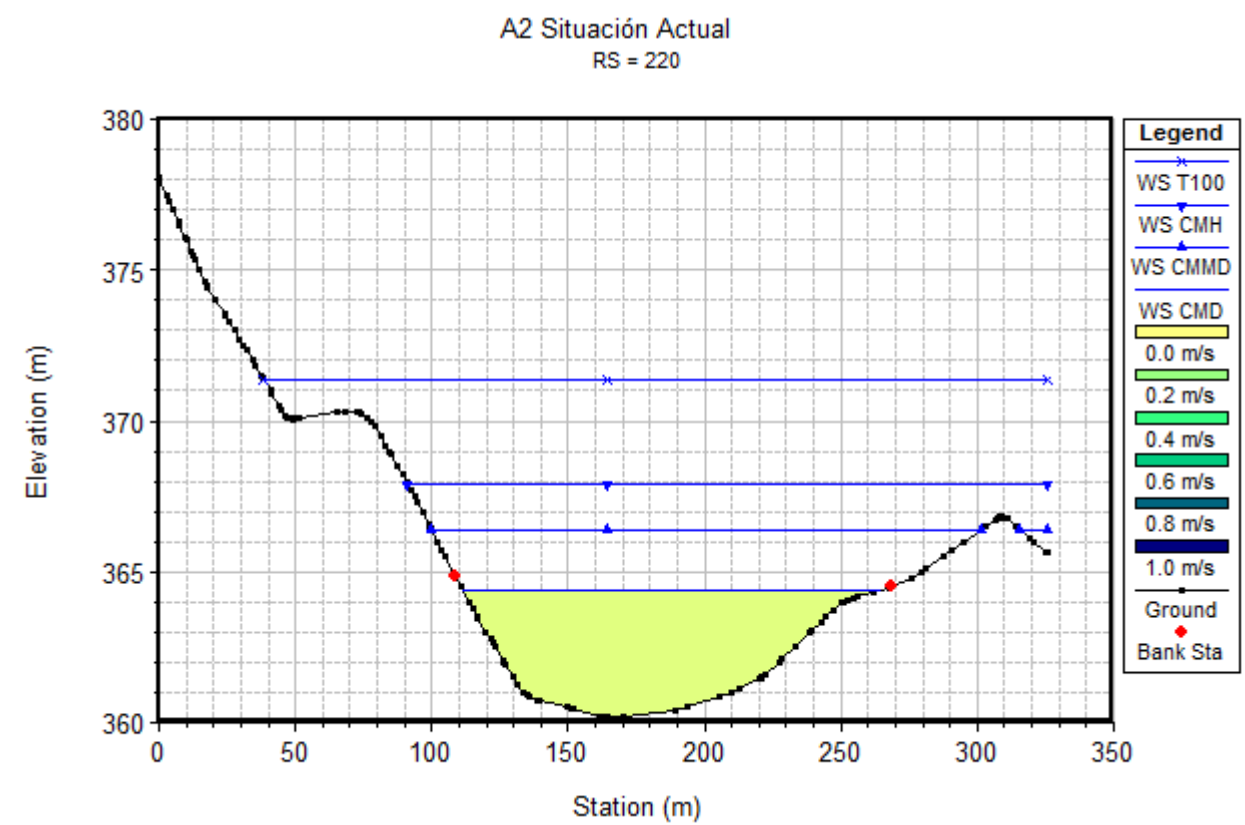
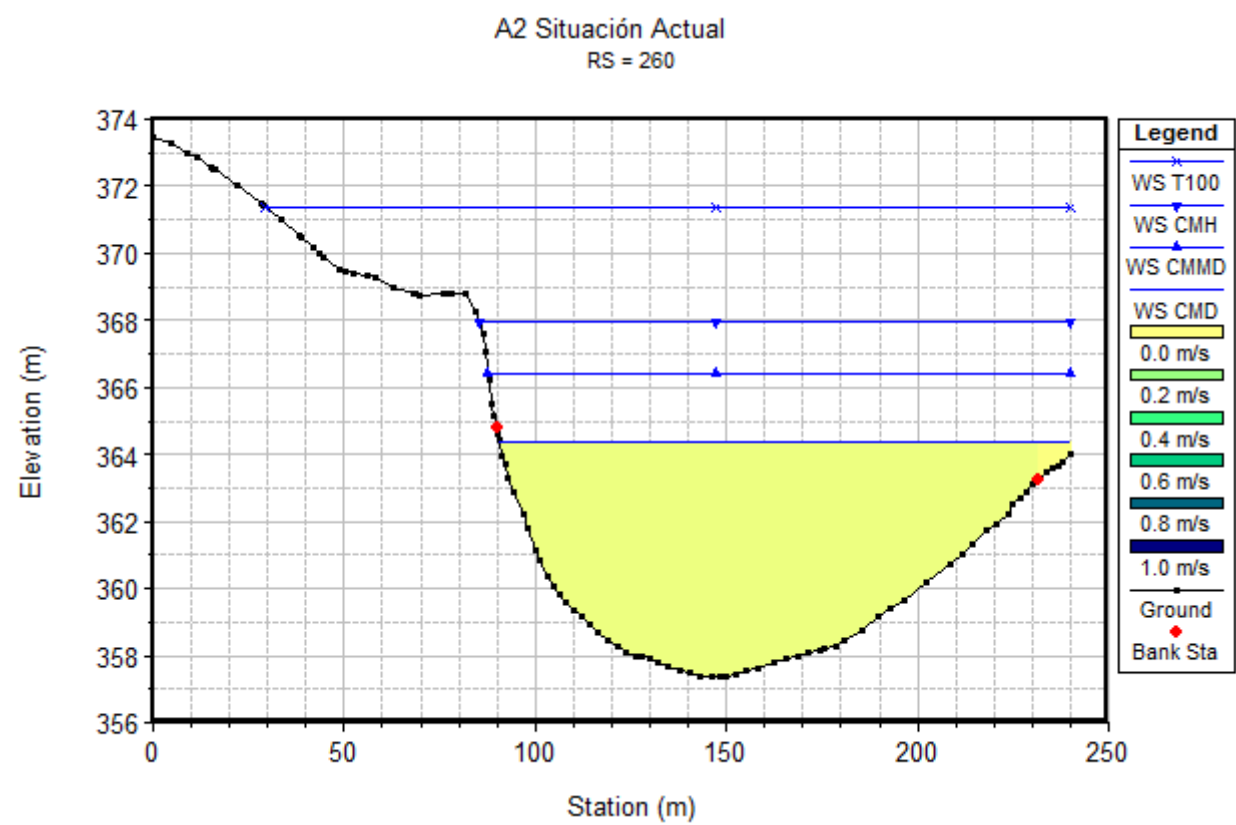
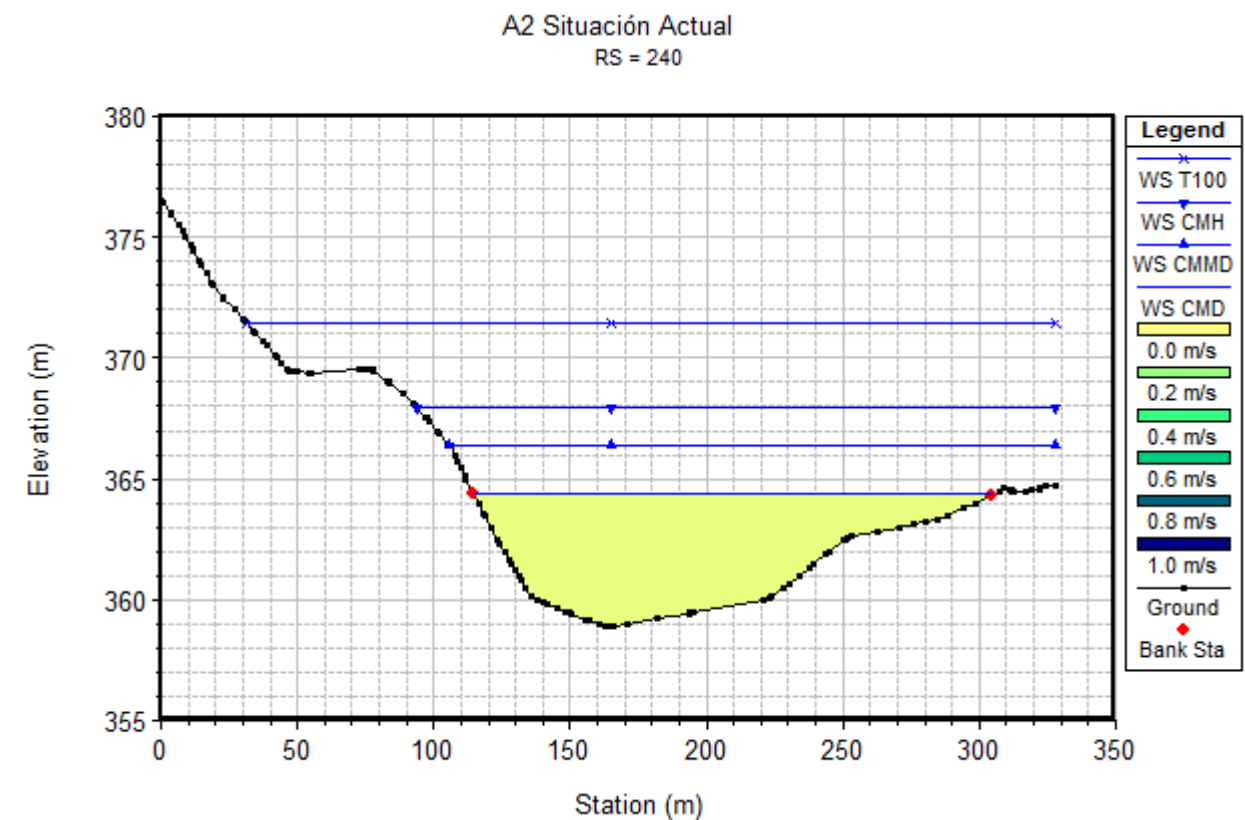
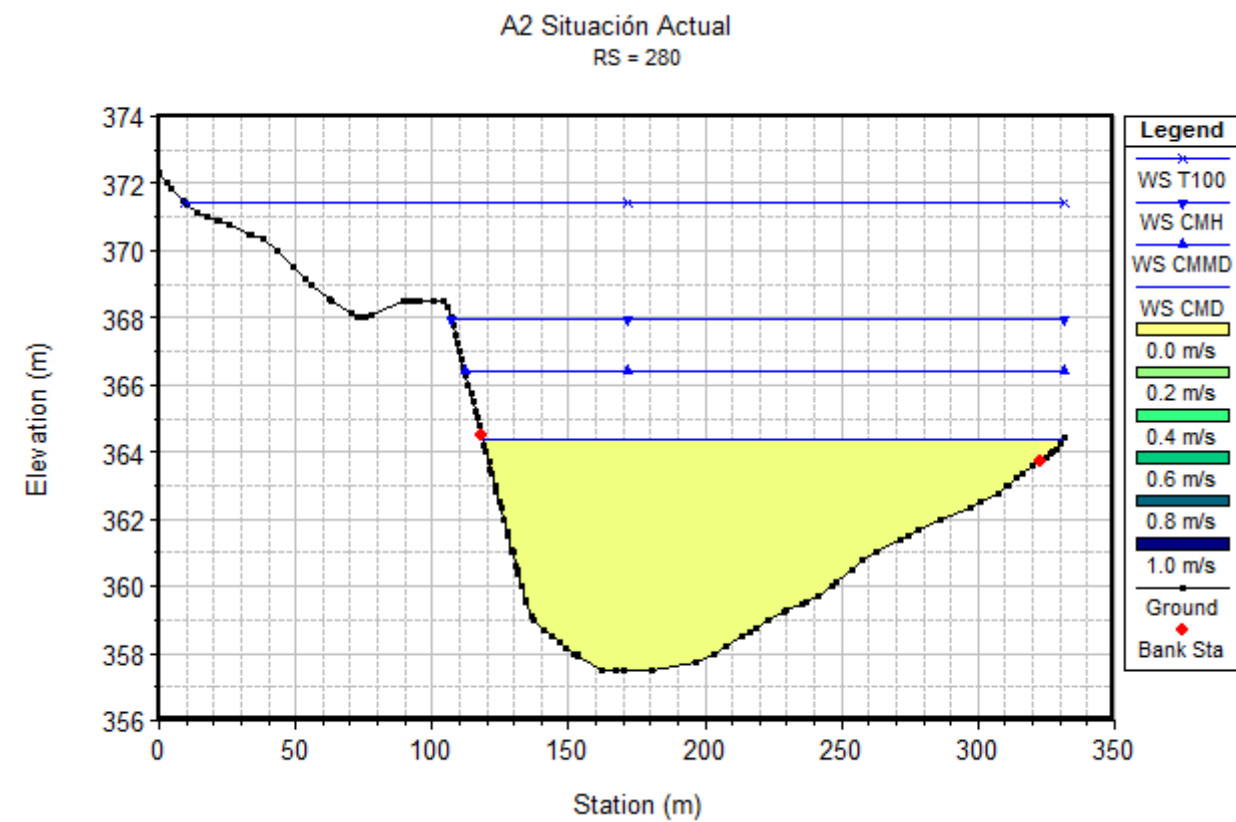


APÉNDICE 3:

Modelo HEC-RAS Situación Actual A2



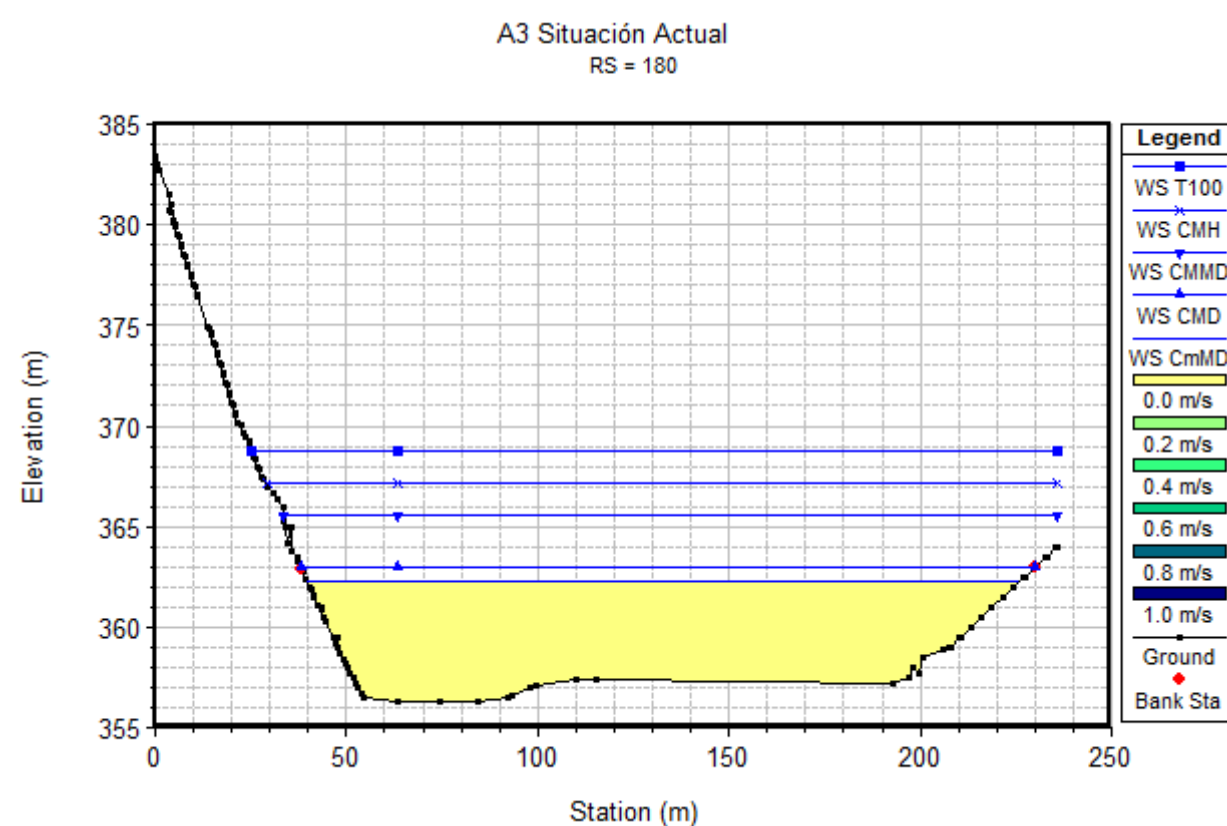
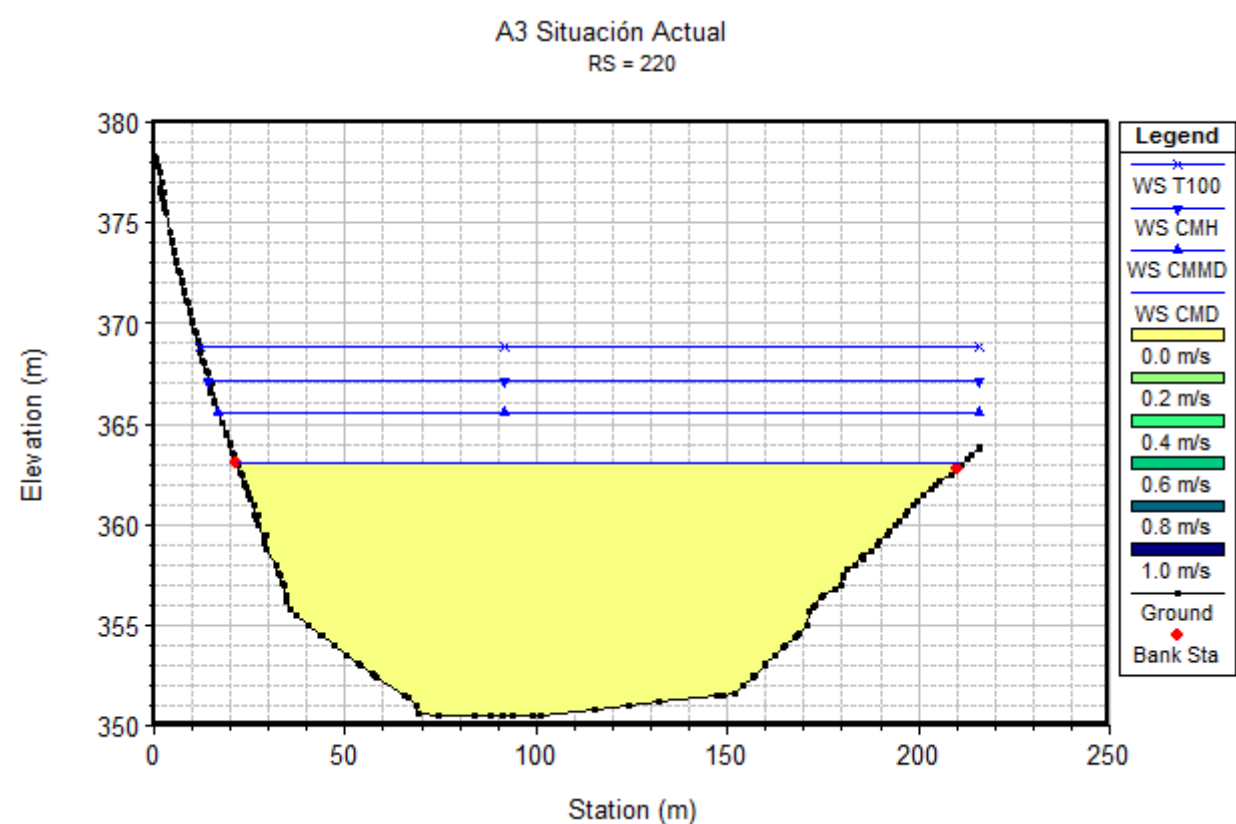
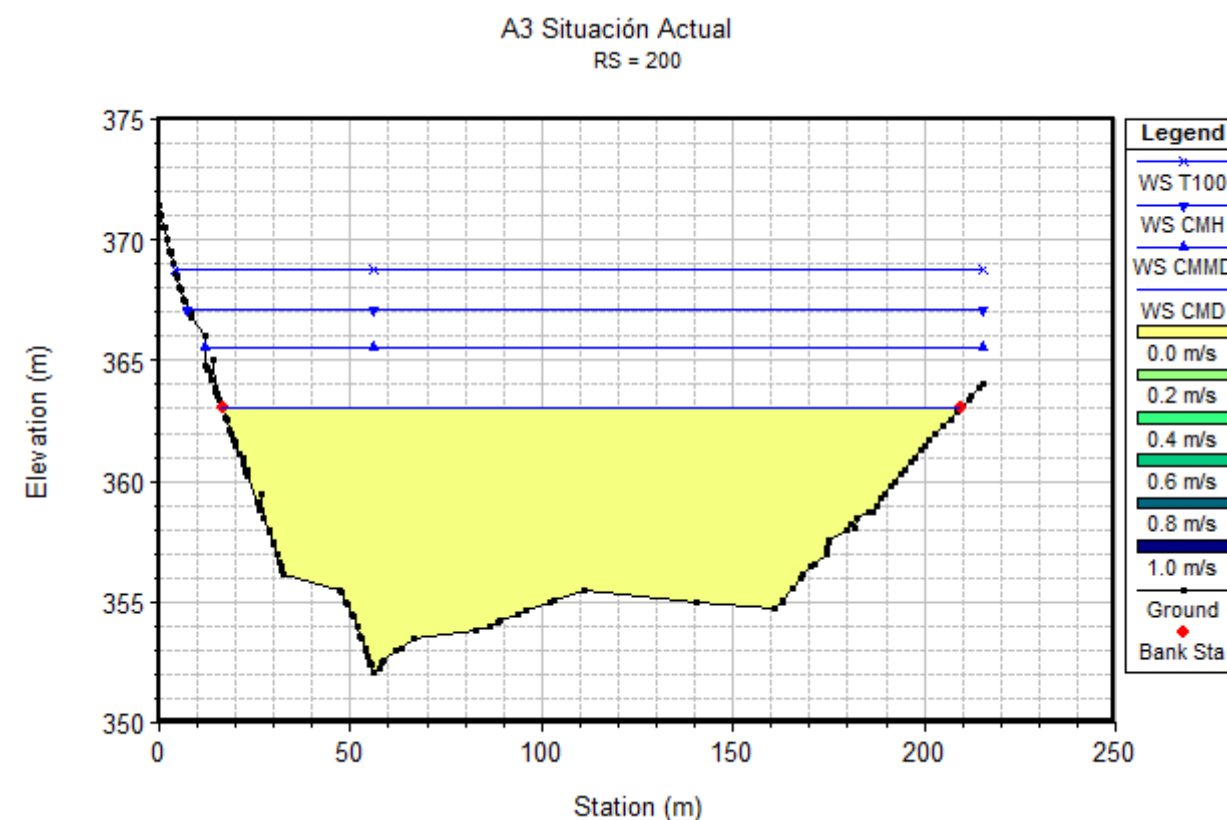
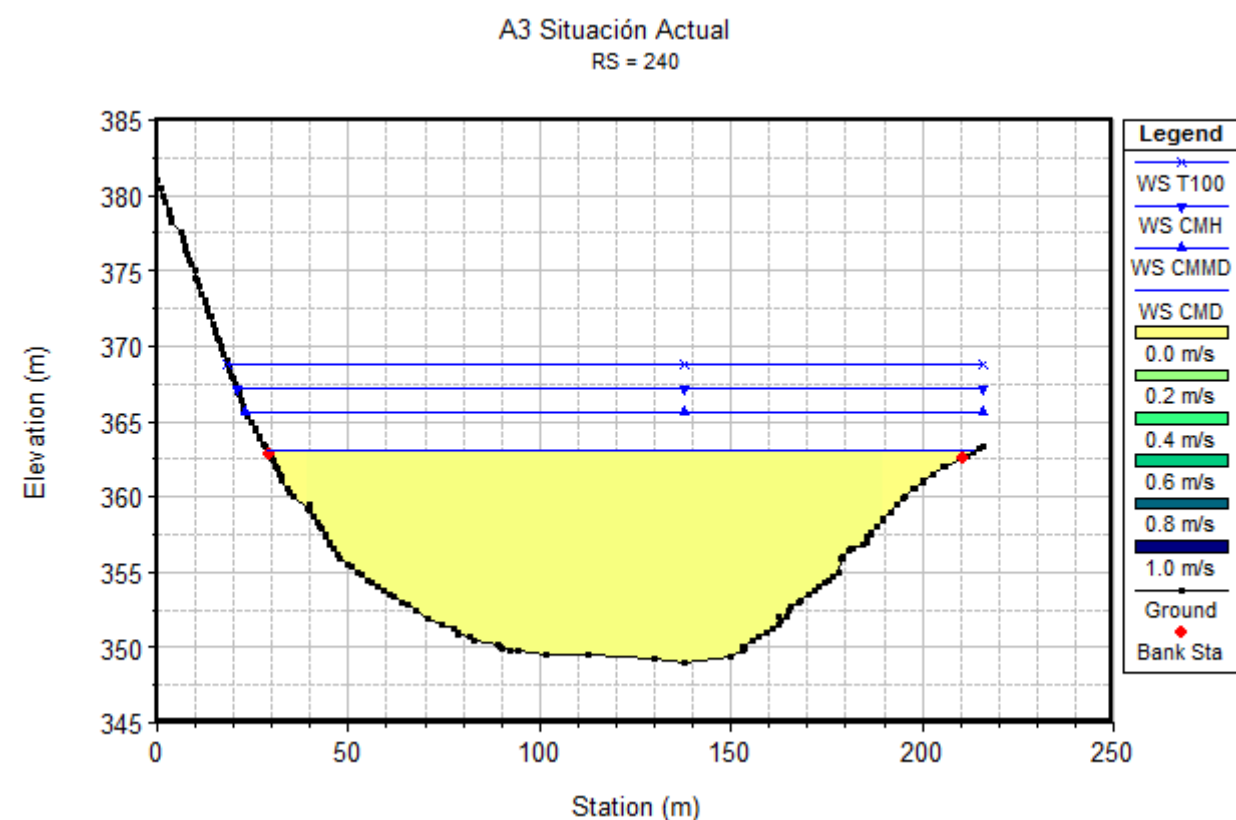


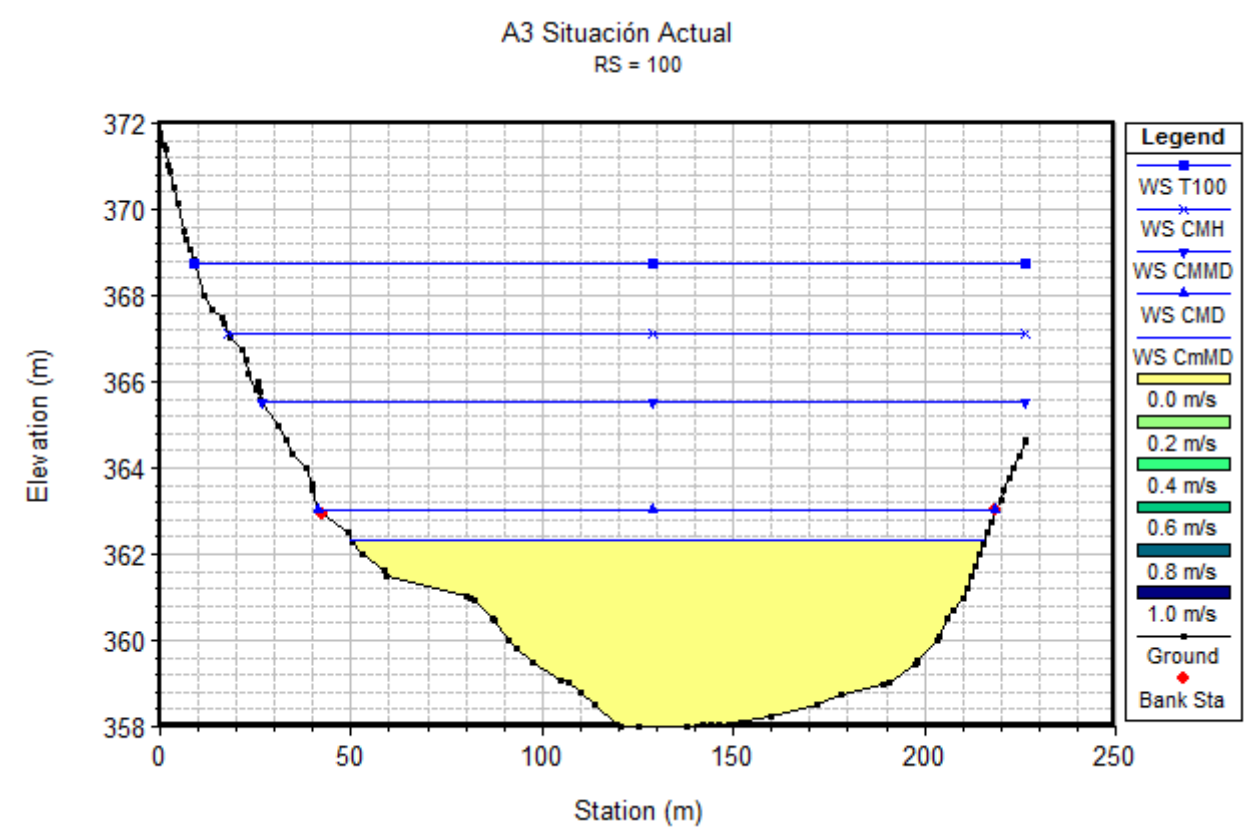
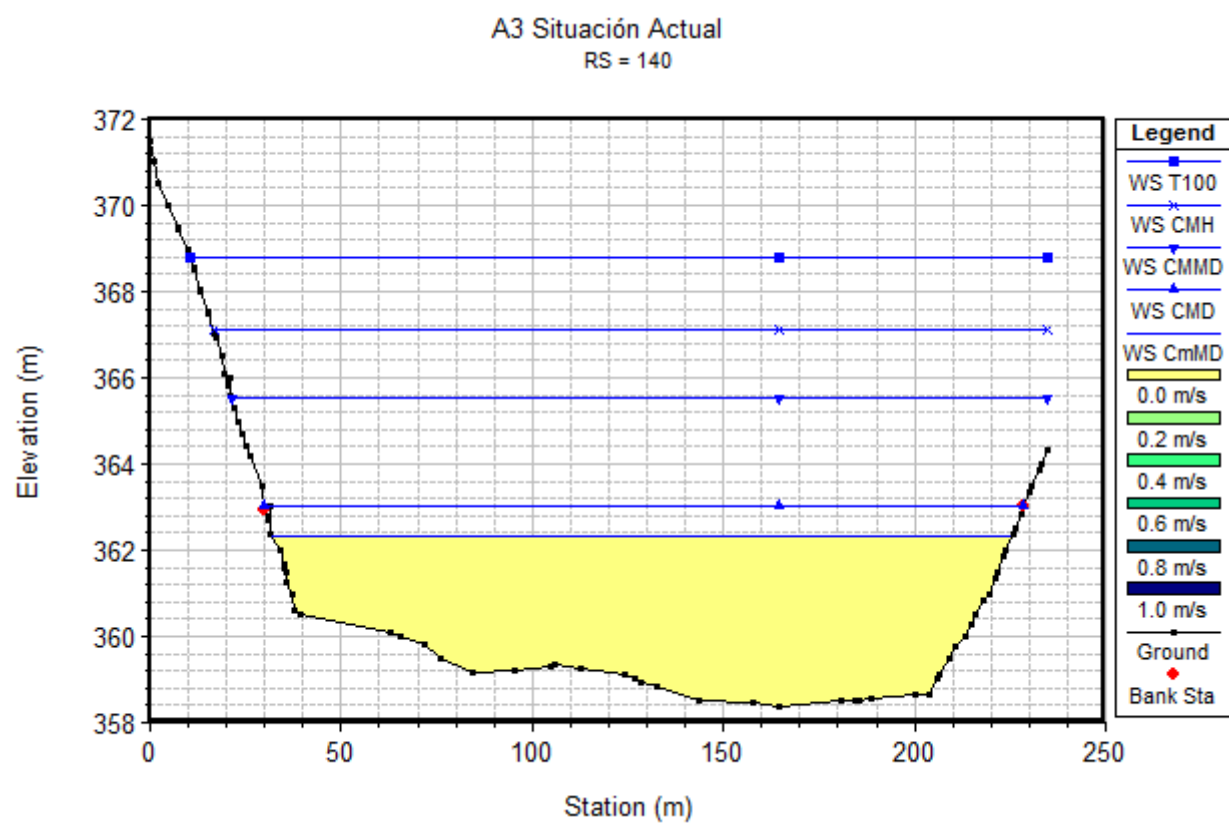
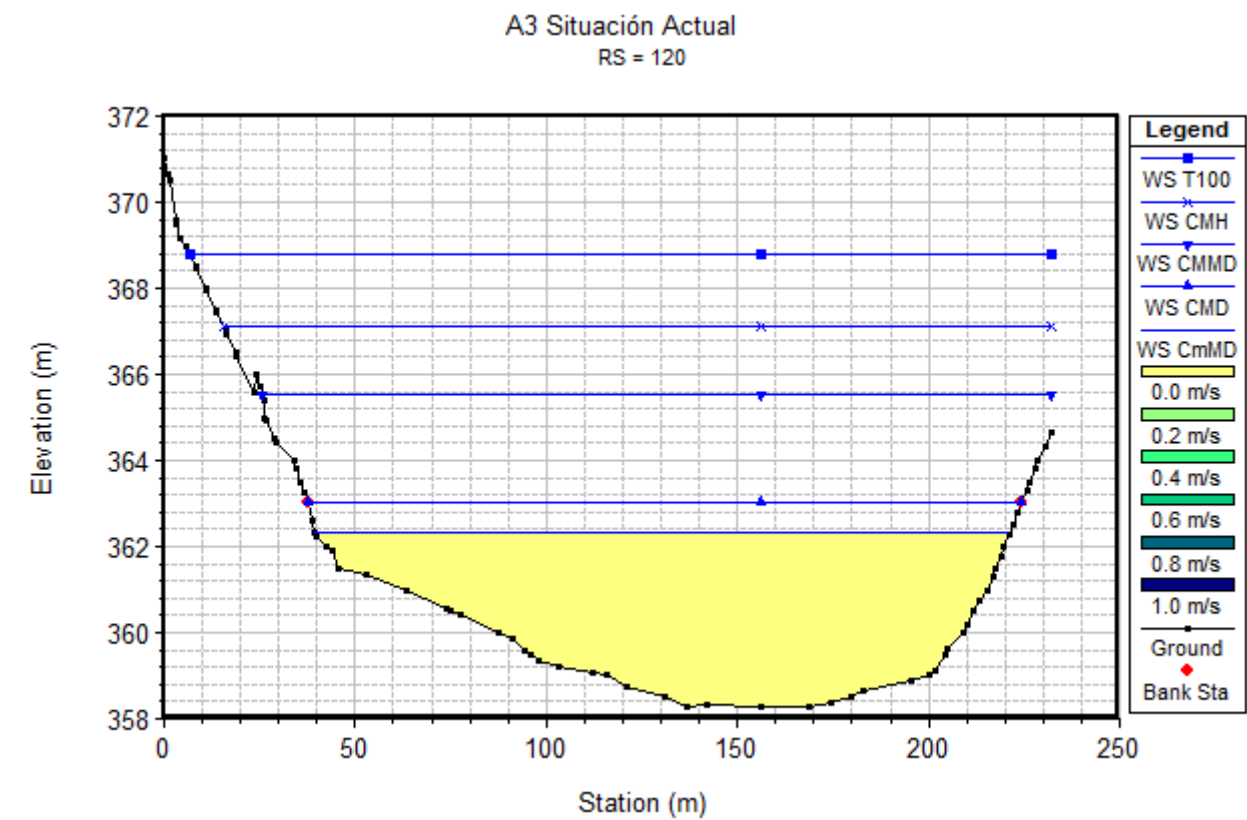
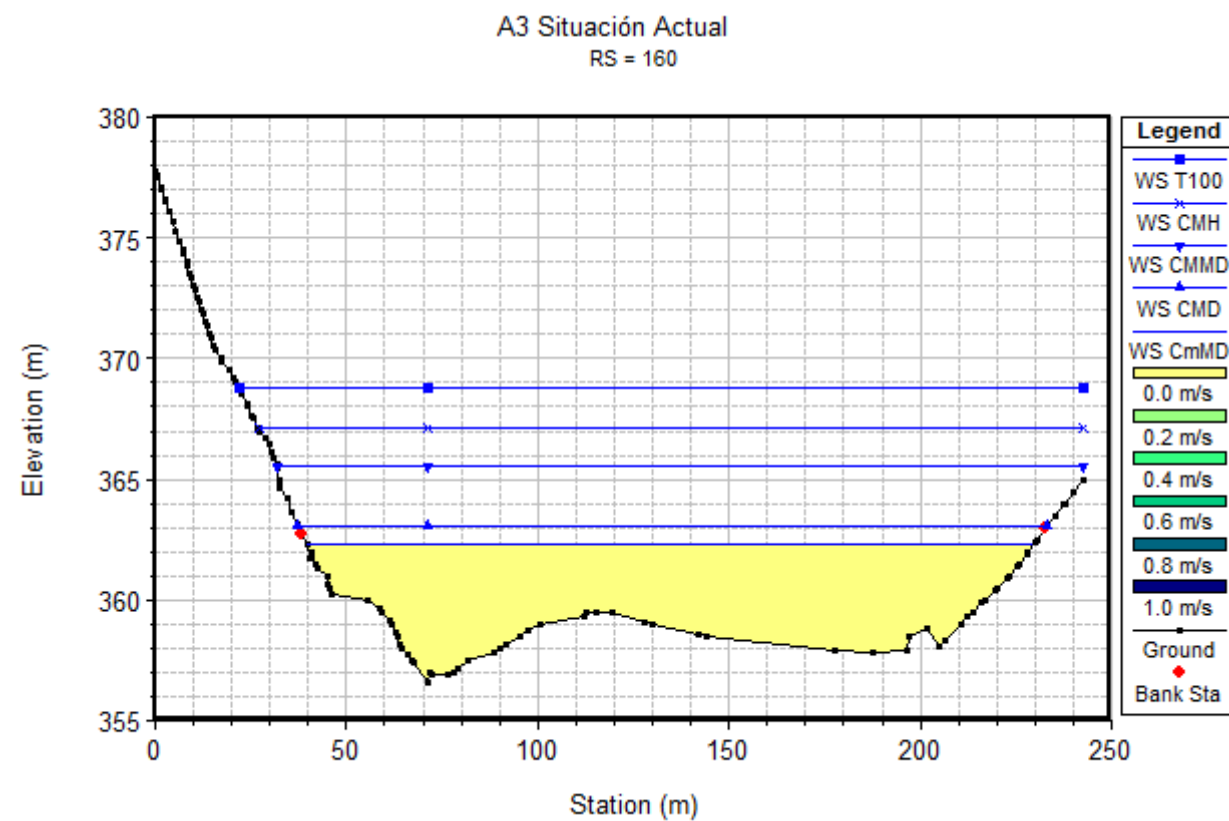




APÉNDICE 4:

Modelo HEC-RAS Situación Actual A3







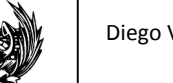
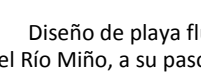


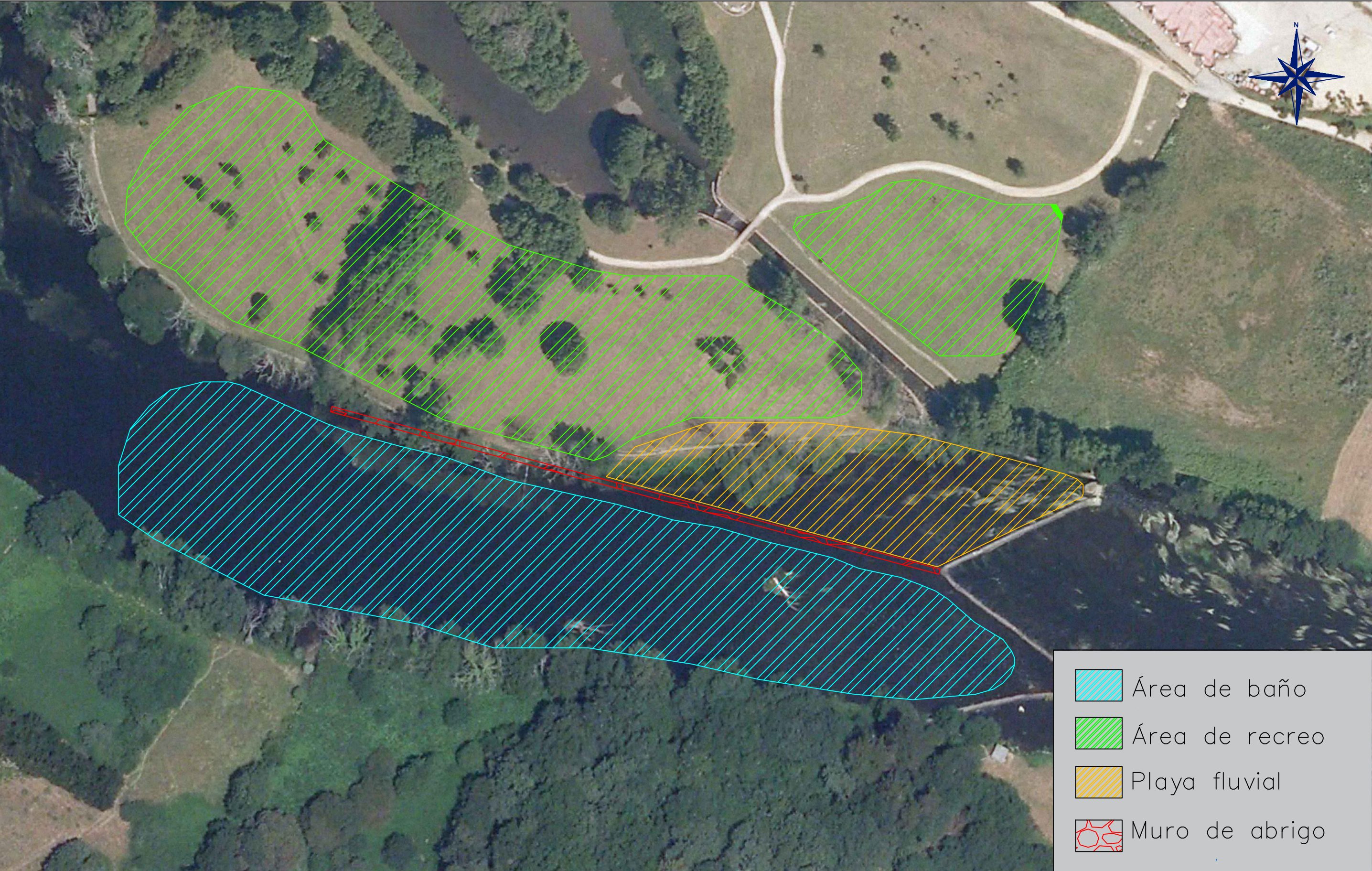
APÉNDICE 5:

Definición Planta Alternativas



- Área de baño
- Área de recreo
- Playa fluvial
- Muro de abrigo

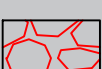
				Autor del anteproyecto:	Firma del autor:	Título del anteproyecto:	Designación del plano:	Escala:	Nº de plano:	Fecha:
				Diego Valín Santaefemia		Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Definición Planta A1	1 : 2000	Plano 1	14 de Octubre 2015
									Hoja:	
									1 de 3	



 Área de baño

 Área de recreo



 Playa fluvial

 Muro de abrigo

	UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto: Diego Valín Santaefemia	Firma del autor: 	Título del anteproyecto: Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Designación del plano: Definición Planta A2	Escala: 1 : 1000	Nº de plano: Plano 2	Fecha: 14 de Octubre 2015
								Hoja: 2 de 3	



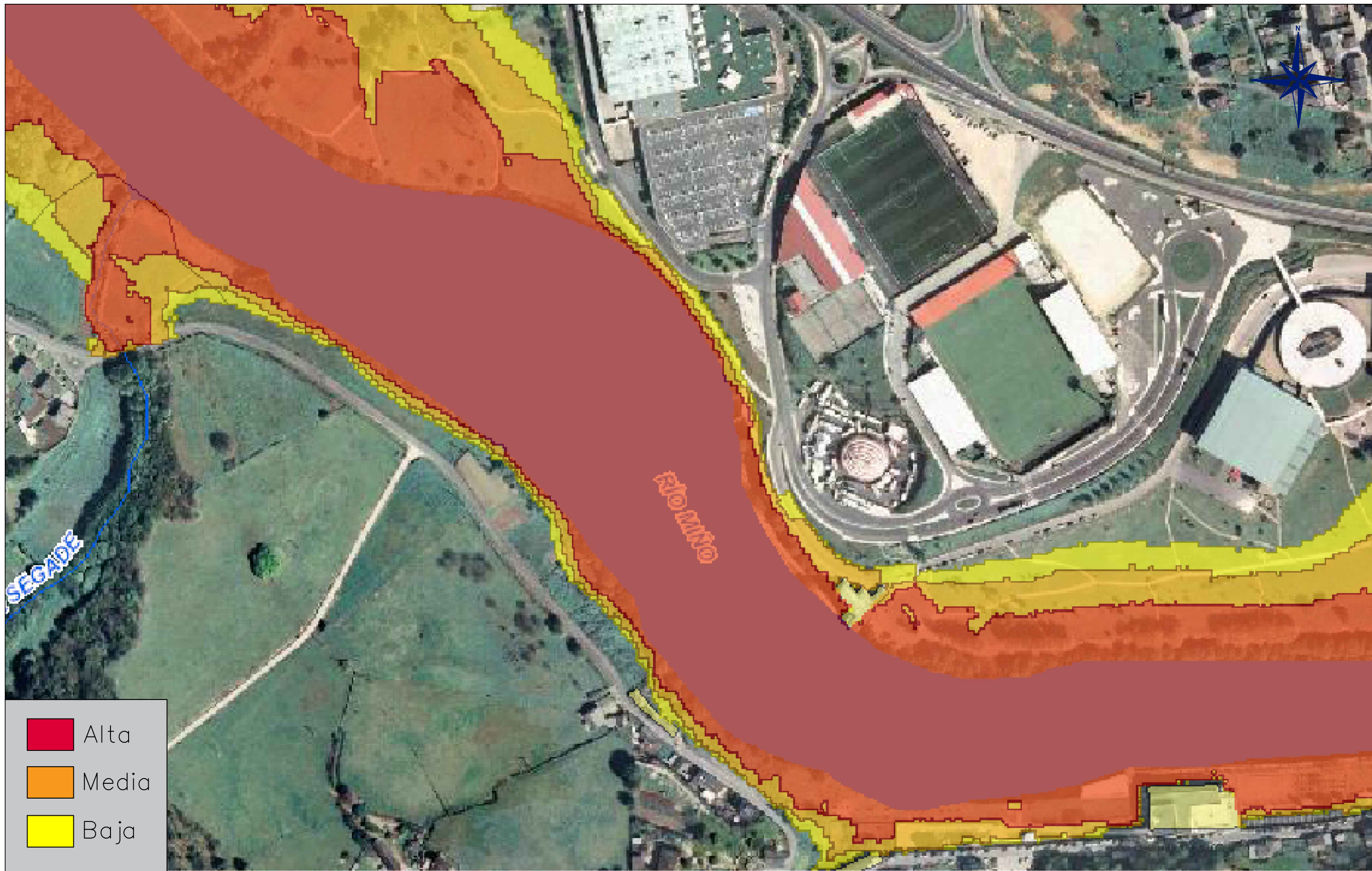
	Área de baño
	Área de recreo
	Playa fluvial
	Muro de abrigo

			Autor del anteproyecto:	Firma del autor:	Título del anteproyecto:	Designación del plano:	Escala:	Nº de plano:	Fecha:
			Diego Valín Santaefemia		Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Definición Planta A3	1 : 2000	Plano 3	
								Hoja: 3 de 3	



APÉNDICE 6:





Planos Peligrosidad de Inundación

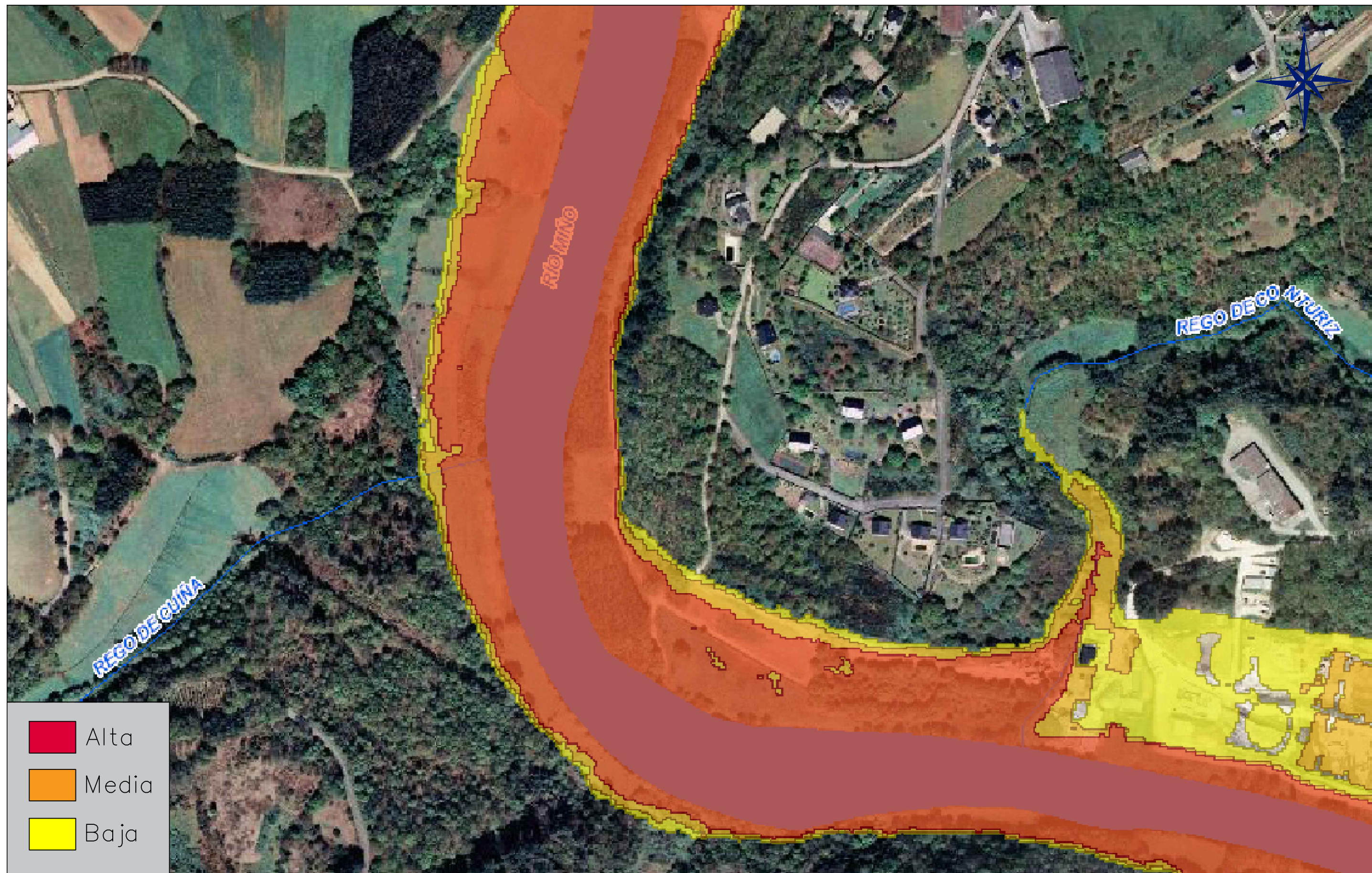




Alta

Media

Baja

	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto:	Firma del autor:	Título del anteproyecto:	Designación del plano:	Escala:	Nº de plano:	Fecha: 14 de Octubre 2015
			Diego Valín Santaefemia		Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Peligrosidad de inundación A1	1 : 2000	Plano 1	
								Hoja: 1 de 3	



	 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		Autor del anteproyecto:	Firma del autor:	Título del anteproyecto:	Designación del plano:	Escala:	Nº de plano:	Fecha: 14 de Octubre 2015
			Diego Valín Santaefemia		Diseño de playa fluvial en el Río Miño, a su paso por Lugo	Peligrosidad de inundación A3	1 : 3000	Plano 3	
								Hoja: 3 de 3	



7 SERVICIOS AFECTADOS

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- ZONA DE ACTUACIÓN	2
3.- CAPTACIÓN	2



1.- INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se analiza el área de terrenos a expropiar, así como su carácter público o privado, para determinar el coste que las expropiaciones supondrán a la Administración.

2.- ZONA DE ACTUACIÓN

Como ya hemos descrito con anterioridad, la zona de actuación corresponde a un pequeño tramo del Río Miño. Todo el terreno donde se sitúan las obras a ejecutar forman parte del Dominio Público Hidráulico, tal y como adelantamos en el Anejo de Legislación y Normativa.

Por lo tanto no se ocupan terrenos privados, lo que significa que no será necesario expropiar terrenos particulares. Dado que el terreno que conforma el Dominio Público Hidráulico es parte de la Administración.

En tal caso los terrenos son supervisados por la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil al pertenecer al dominio público hidráulico, propio de las riberas del río. Dentro de éste, la franja de cinco metros comprendida a cada lado de la superficie ocupada por la avenida ordinaria es zona de servidumbre, de uso público, por lo que no es necesaria su expropiación.

La avenida ordinaria es la avenida con periodo de retorno de 10 años, es decir, la media de los máximos caudales anuales en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que son representativos del comportamiento hidráulico de la corriente.

3.- CAPTACIÓN

Es necesaria la toma de agua durante la vida útil de la obra, debido a que se proyecta colocar mobiliario urbano para acondicionar el área, como pueden ser duchas y fuentes.

Por lo tanto se pretende realizar una pequeña captación para suministrar el agua requerida.

El proceso de la toma de agua es un mero trámite, debido a que contamos con una caseta de la red de distribución a 150 metros de la zona de actuación, donde se prevee la colocación de dicho mobiliario.

Contabilizando el caudal requerido para dicho mobiliario, se obtiene una suma prácticamente despreciable, inferior a $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por lo tanto la toma de agua también se desprecia como servicio afectado, dado que la magnitud del caudal adquirido no supone un valor destacado para la red de distribución de la cual se recoge el agua.



8 ACCESOS Y APARCAMIENTO

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- ACCESOS	2
3.- APARCAMIENTO	2

1.- INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se analiza la necesidad de realizar tanto accesos a la playa fluvial como un aparcamiento para la gente que se desplace en su propio vehículo.

Como hemos comentado en otros anejos, se pretende potenciar el uso de transporte urbano, así como el acceso a pie por parte de los habitantes de Lugo. Por lo tanto se estima que el número de vehículos privados que acudan a la playa no sea mayoritario.

2.- ACCESOS

El área de estudio se localiza en A Tolda a 2,5 km del centro de Lugo. Por lo tanto es posible acceder directamente, atravesando la Av. De Madrid, que comienza en el centro de Lugo y finaliza en la zona de actuación. En este punto la Av. De Madrid enlaza con la Nacional VI, la cual tiene un desvío en este punto hacia el tramo de estudio.

A parte de estos dos accesos, en el mismo punto, interseca la carretera del Río Rato, el afluente que desemboca inmediatamente aguas abajo de nuestra playa.

Por lo tanto, en cuanto al acceso en automóvil, la actuación se sitúa en uno de los mejores puntos de Lugo, ya que se encuentra comunicada tanto con la propia ciudad, como con otros puntos a partir de la Nacional VI.

El desvío con el que cuenta la Nacional VI, se considera en un buen estado, para el acceso al área de recreo.

En cuanto al acceso a pie, deberemos distinguir dos paseos fluviales que o bien finalizan en este punto o forma parte de su recorrido. Contamos por lo tanto con el acceso del paseo fluvial del Río Miño, y con el paseo fluvial del Río Rato:

- Paseo Río Miño: Discurre desde el barrio de A Ponte y también se prolonga aguas abajo más de 10 km. Es un paseo muy concurrido, con una gran afluencia por muchos habitantes de Lugo a lo largo del día.
- Paseo Río Rato: Comienza en el barrio de A Chanca y finaliza al conectar con el paseo del Río Miño en la misma zona de actuación de la playa.



De esta forma se comprueba que no es necesario realizar o acondicionar los accesos ya existentes.

3.- APARCAMIENTO

De la misma forma que en el apartado de los accesos, luego de realizar un pequeño estudio de demanda, no se comprueban necesidades de acondicionar alguna zona específica destinada al uso de aparcamiento.

Para un caudal de verano, se crea un total de playa seca en torno 3000 m².

Por lo tanto si suponemos una ocupación por parte del bañista entre 15 y 20 m², obtenemos un total de 160 personas.

Suponiendo como media de personas por vehículo 1.89 personas, nos da un total de 83 vehículos que necesitan estacionamiento.

Los datos usados son meramente orientativos, dado que se pretende que la gente acuda también al área de recreo, por lo tanto el estudio se complicaría bastante. También es cierto, que se han contabilizado que todos los asistentes a la playa, han usado un vehículo privado. Cuando se pretende que la mayoría de la gente se acerque a pie, o bien en el transporte urbano.



De todas formas se cuentan con más plazas de las estimadas. Puesto que en este punto se cuenta con tres pequeños aparcamientos, de los cuales ninguno dista más de 200 metros de la actuación.

Los aparcamientos que confluyen cercanos a la playa son los siguientes:

- Aparcamiento fin paseo fluvial Río Rato. 55 plazas.
- Aparcamiento propio del área de recreo A Tolda. 35 plazas.
- Aparcamiento paseo fluvial Río Miño. 40 plazas.

De este modo, se suman más de 130 plazas en menos de 200 metros con respeto a la playa fluvial, de esta forma no se contempla en el presente anteproyecto la construcción de un aparcamiento.



9 MOBILIARIO URBANO

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- MOBILIARIO URBANO	2
2.1. Vestuarios	2
2.2. Mesas	2
2.3. Duchas y Fuentes	2



1.- INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se citan y describen brevemente el mobiliario urbano con el que se pretende acondicionar el área de recreo de la que dispone la zona elegida.

Es importante aclarar que no se va a tratar a fondo este apartado, en cuanto a la colocación exacta o al número final de equipamientos a disponer, dejando estas tareas a un posterior estudio en obra. Pero sí mencionar al menos parte del mobiliario urbano necesario. Para de esta forma tener un orden de magnitud y poder contabilizarlos en el presupuesto, con la intención de hacernos una idea real.

2.- MOBILIARIO URBANO

2.1 Vestuarios

Inicialmente se plantean cuatro vestuarios, dos para hombres y dos para mujeres, en el límite entre la playa y la parte con césped perteneciente al área de recreo. Con la siguiente descripción:

Cabina de vestuario para playa, de un módulo, de 1,45 x 1,30 x 2,90 m, compuesta de: base de perfiles tubulares de acero inoxidable, pavimento de rejilla de acero inoxidable, cerramiento de chapa de acero inoxidable, acabado lacado exterior en varios colores e interior en color blanco, cubierta a dos aguas realizada con resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, banco y percheros fijos.

2.2 Mesas

Se requieren varias mesas, en forma de merendero, con la intención de acondicionar toda el área de recreo disponible. Se plantean 6 mesas inicialmente con preferencia de situación en las zonas de sombras de árboles.

Se proponen unas mesas para picnic tratada para exterior, compuesto por una mesa de 200x200 cm y dos bancos, de madera de pino tratada en autoclave.

2.3 Duchas y Fuentes

Como se ha adelantado en el anejo correspondiente a los servicios afectados, se cuenta con una caseta de la red de distribución a menos de 150 metros de la zona de actuación. Por lo tanto nos resulta realmente fácil realizar una toma de agua desde este punto.

La primera intención es colocar dos duchas en la tarima de cada par de vestuarios y otras dos fuentes cercanas a la situación final del merendero.

A la hora de dimensionar la tubería que parte de la caseta y suministra al presente equipamiento se tienen en cuenta:

- El caudal requerido, se estima 0.8 debido a que contamos con cuatro elementos y suponemos 0.2 de caudal cada uno.
- La velocidad del agua, presuponemos de valor la unidad quedándonos del lado de la seguridad.

Por lo tanto, es necesaria una tubería de pvc de diámetro exterior igual a 50 mm y 160 metros de longitud, que se hará pasar por debajo de la pasarela para salvar el Río Rato.